

# транспорт на альтернативном топливе →



**5**

Семинар НГА:  
роль КПГ и СПГ  
в эффективности  
пассажирских перевозок

**9**

Из Москвы в Сочи на метане.  
Записки путешественника

**43**

Обзор рынка  
электротранспорта  
в Европе в интересах  
российских компаний



ISSN 2073-1329



# В НОМЕРЕ

**03** Члены Национальной газомоторной ассоциации, 2021 год

**05** Семинар о повышении эффективности пассажирских перевозок за счёт использования КПП и СПГ

**09** Москва – Сочи: путешествие на природном газе

**14** Переоборудован 35-тысячный автомобиль

**15** Компания «Газпром газомоторное топливо» представила приоритеты развития на ближайшую перспективу

**17** В Сочи обсудили перспективы перевода транспорта на экологичное топливо

**19** Президент ставит задачу

**19** «Газпром» рассмотрел направления развития водородной энергетики

**20** В 2020 году «Газпром» снизил выбросы парниковых газов и сэкономил 3,92 млн тонн у.т.

**22** 1000-я Scania на метане отгружена российскому клиенту

**24** В Костромской области количество экологичного транспорта увеличилось на 65 %

**25** MAZ-65012K – газовый самосвал для Узбекистана

**27** В этом году в Пермском крае появятся 10 новых АГНКС

**29** Обзор российских и зарубежных СМИ

**34** Грузовик на водородных топливных элементах

**35** Развитие водородных технологий в США

**35** Сжиженный биометан в Швеции

**36** Рынок ГМТ в Чехии

**37** Первый индийский трактор на КПП

**37** Вино с метаном

**39** Городской транспорт на водороде

**43** **С.А. Колин, Ф.Р. Казанцев**  
Обзор рынка электротранспорта в Европе

**50** **И.С. Медведков**  
Анализ состава жидкого остатка криогенного продукта для изохорной многокомпонентной парожидкостной системы

**64** **Ш.В. Бузиков, С.А. Плотников**  
Оптимизация состава смесового топлива для дизелей тракторов и сельскохозяйственных машин

**70** **М.В. Григорьев, А.В. Зенченко, Ю.В. Панов**  
Математическая модель оценки ресурса механических систем транспортных средств, эксплуатируемых на инновационных маслах

**77** ABSTRACTS OF ARTICLES

**80** АВТОРЫ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛЕ № 3 (81) 2021 г.

Международный научно-технический журнал  
«Транспорт на альтернативном топливе» № 3 (81) | 2021 г.

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30114. Включен в Перечень ВАК

**УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ**  
АОГМТ «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА).

**ПЕРИОДИЧНОСТЬ**  
6 номеров в год

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**  
**А.Г. Ишков**  
заместитель начальника департамента - начальник управления ПАО «Газпром», д.х.н., профессор кафедры ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития» РХТУ им. Д.И. Менделеева

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ**

**С.П. Горбачев**  
профессор, главный научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

**В.А. Грачёв**  
д.т.н., Президент Неправительственного экологического фонда им. В.И. Вернадского

**В.И. Ерохов**  
профессор «Московского Политеха», д.т.н.

**В.Л. Зинин**  
заместитель начальника управления – начальник отдела ПАО «Газпром», исполнительный директор НГА, к.э.н., зам. гл. редактора

**Р.З. Кавтарадзе**  
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

**С.И. Козлов**  
д.т.н.

**В.А. Марков**  
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

**Б.А. Моргунов**  
директор Института экологии НИУ ВШЭ, д.г.н.

**Ю.В. Панов**  
профессор МАДИ, к.т.н.

**Н.Н. Патрахальцев**  
профессор Российского университета дружбы народов, д.т.н.

**Е.Н. Пронин**  
координатор проекта «Голубой коридор»

**Н.Г. Рыбальский**  
профессор МГУ, д.б.н.

**А.Е. Тавдишвили**  
руководитель направления внешних коммуникаций и специальных проектов НГА, зам. гл. редактора

**В.Н. Фатеев**  
зам. директора НИЦ «Курчатовский институт», д.х.н.

**В.С. Хахалкин**  
зам. директора по стратегическому развитию ОАО «МГПЗ»

**Г.А. Ярыгин**  
профессор Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова, д.т.н.

**РЕДАКТОР**  
О.А. Ершова  
E-mail: transport.1@ngvrus.ru  
Тел.: +7 965 439-80-23

**ОТДЕЛ ПОДПИСКИ И РЕКЛАМЫ**  
E-mail: web@ngvrus.ru  
www.ngvrus.ru

**ПЕРЕВОД**  
А.И. Хлыстова

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА**  
И.В. Шерстюк

Отпечатано с представленного электронного оригинал-макета в типографии «ТалерПринт» 109202, г. Москва, ул. 1-ая Фрезерная, д. 2/1  
Номер заказа  
Сдано на верстку 15.04.2021 г.  
Подписано в печать 15.05.2021 г.  
Формат 60x90 1/8. Тираж 3000 экз.  
Бумага мелованная.  
Печать офсетная, печ. л. 10,5  
При перепечатке материалов ссылка на журнал «Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.  
Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных материалах





# CONTENTS

- 03** Members of National Gas Vehicle Association in 2021
- 05** Seminar on Improving the Efficiency of Public Transportation Ridership Through CNG and LNG Usage
- 09** From Moscow to Sochi on natural gas
- 14** The 35 Thousandth Car Was Reequipped
- 15** Gazprom Gas-Engine Fuel Presented Development Priorities for the Near Future
- 17** Prospects of Transferring Transport to Environmentally Friendly Fuel Discussed in Sochi
- 19** The President Sets the Task
- 19** Gazprom Considered Directions for Development of Hydrogen Energy
- 20** Gazprom Reduced Greenhouse Gas emissions and Saved 3.92 Million Tons of Standard Fuel in 2020
- 22** 1000th Methane-powered Scania Shipped to a Russian Customer
- 24** The Number of Environmentally Friendly Transport Increased by 65% in the Kostroma Region
- 25** Gas Dump Truck MAZ-65012K for Uzbekistan
- 27** Ten New CNG Stations to Appear in the Perm Territory This Year
- 29** Review of Russian and foreign media
- 34** Hydrogen Fuel Cell Truck
- 35** Development of Hydrogen Technologies in the USA
- 35** Liquefied Biomethane in Sweden
- 36** NGV Fuel Market in the Czech Republic
- 37** The First Indian CNG tractor
- 37** Wine with Methane
- 39** Hydrogen Public Transport
- 43** **Sergey Colin, Filipp Kazantsev**, Overview of the Electric Vehicle Market in Europe to Assess the Prospects for the Development of Electro-charging Infrastructure in the Interests of Russian Companies
- 50** **Ilya Medvedkov**  
Analysis of indirect measurement of liquid residue composition for isochoric multicomponent vapor-liquid system
- 64** **Buzikov Shamil, Plotnikov Sergey**  
Optimization of the Compound Fuel Composition for Diesel Engines of Tractors and Agricultural Machines
- 70** **Mikhail Grigoriev, Andrey Zenchenko, Yury Panov**  
Mathematical model for Assessing the Resource of Mechanical Systems of Vehicles Operated on Innovative Oils
- 77** ABSTRACTS OF ARTICLES
- 80** CONTRIBUTORS TO JOURNAL ISSUEN<sup>o</sup> 3 (81) 2021 r.

«Alternative Fuel Transport»  
international science and technology journal, No. 3 (81) | 2021

Registered with the Federal Service for Supervision in Mass Communications and Cultural Heritage Protection Printed Matter Registration Certificate No. FS77-30114

**FOUNDER AND PUBLISHER**  
Non-Commercial Partnership National Gas-Vehicle Association (NGVA).

**PUBLISHED**  
6 issues a year

**EDITOR-IN-CHIEF**  
**Ishkov, A.G.**  
Deputy chief of department - managing director, Public Joint Stock Company Gazprom, Doctor of Chemistry, Professor, UNESCO Chair «Green Chemistry for Sustainable Development», D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

**EDITORIAL BOARD MEMBERS**  
**Erokhov, V.I.**  
Professor of the Moscow Polytech, Doctor of Engineering

**Fateev, V.N.**  
Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute, Doctor of Chemistry

**Gorbachev, S.P.**  
Professor, Gazprom VNIIGAZ, Doctor of Engineering

**Grachev, V.A.**  
President of the Non-Governmental Environment Facility named after V.I. Vernadsky

**Kavtaradze, R.Z.**  
Professor of N.E. Bauman's MG TU, Doctor of Engineering

**Khakhalkin, V.S.**  
Deputy Strategic Development Director, OAO «MG PZ»

**Kozlov, S.I.**  
Doctor of Engineering

**Markov, V.A.**  
Professor of N.E. Bauman's MG TU, Doctor of Engineering

**Morgunov, B.A.**  
Director, Institute of Ecology, National Research University Higher School of Economics, Doctor of Geographic Sciences

**Panov, Y.V.**  
Professor of MADI (GTU), PhD

**Patrakhaltsev, N.N.**  
Professor of People's Friendship University of Russia, Doctor of Engineering

**Pronin, E.N.**  
Coordinator of the «Blue Corridor» project

**Rybalsky, N.G.**  
Professor, Moscow State University M.V. Lomonosov, Doctor of Sciences

**Tavdidiashvili, A.E.**  
Head of External Communications and Special Projects, NGVA, deputy chief editor

**Yarygin, G.A.**  
Professor, Institute of Fine Chemical Technologies named M.V. Lomonosov, Doctor of Engineering Sciences

**Zinin, V.L.**  
Deputy Head of Department – Head of Department of PJSC Gazprom, Executive Director of NGVA, Candidate of economic sciences, deputy chief editor

**EDITOR**  
**Ershova, O.A.**  
E-mail: transport.1@ngvrus.ru  
Phone: +7 965 439-80-23

**SUBSCRIPTION AND DISTRIBUTION DEPARTMENT**  
E-mail: web@ngvrus.ru  
www.ngvrus.ru

**TRANSLATION BY**  
Khlystova, A.I.

**COMPUTER IMPOSITION**  
Sherstyuk, I.V.

Order number  
Passed for press on 15.04.2021  
Endorsed to be printed on 15.05.2021  
Format 60x90 1/8 Circulation 3,000  
copies Enamel paper  
Offset printing, 10,5 conditional  
printed sheets  
When copying materials, a reference  
«Alternative Fuel Transport»  
International Scientific and Technical  
Magazine is obligatory.  
The editors are not responsible for  
accuracy of the information contained  
in advertising matter.

# Члены Национальной газомоторной ассоциации, 2021 год

За последнее время число членов Национальной газомоторной ассоциации увеличилось в 2 раза и составляет 122 организации, которые являются ключевыми участниками рынка газомоторного топлива

## АГРЕГАТОРЫ ТАКСИ

ООО «Яндекс Такси»

## ВЛАДЕЛЬЦЫ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ООО «Ванкорское УТТ»

ООО «Газпром газомоторное топливо»

ООО «Газпром СПГ-технологии»

ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»

ООО «Новатэк-АЗК»

## ВЛАДЕЛЬЦЫ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ БУНКЕРОВКИ СУДОВ

ООО «Газпромнефть Марин Бункер»

## ИНОСТРАННЫЕ КОМПАНИИ (НЕРЕЗИДЕНТЫ ЕАЭС)

Fornovo Gas S.p.a.

KOA ENG Co., LTD

Kwangshin Machine Industry Co., LTD

АО UNIDOM Co., LTD

Газпром ЭП Интернэшнл Б.В.

Представительство Юнипер Глобал Коммодитиз СЕ (Германия)

## ВЛАДЕЛЬЦЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (ДО ДВУХ СУБЪЕКТОВ РФ)

ООО «Корпорация Роснефтегаз»

АО «МГПЗ»

ООО «Региональная газовая компания»

## ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ КОМПАНИИ (ДОСТУП К ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ГАЗУ, АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ И Т.Д.)

АО «Газпром газораспределение Белгород»

ООО «Газпром межрегионгаз Иваново»

ООО «Газпром межрегионгаз Москва»

ООО «Газпром межрегионгаз Пермь»

ООО «Газпром межрегионгаз Самара»

## ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ, НИИ, ВУЗЫ

АО «ВНИКИ»

ООО «ИЛ-16»

ООО «НИИгазэкономика»

ООО «НИИ экологии НГП»

ООО «Эйдос-Инновации»

## КОНСУЛЬТАЦИОННЫЕ УСЛУГИ

АО «Агентство прямых инвестиций»

## ЛОГИСТИЧЕСКИЕ/ЭКСПЕДИТОРСКИЕ КОМПАНИИ

ООО «Алмаздортранс»

ООО «ИТЕКО Россия»

## НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОМПАНИИ

ООО «Газпром добыча Иркутск»

ООО «Газпром добыча Краснодар»

ООО «Газпром добыча Надым»

ООО «Газпром добыча Уренгой»

ООО «Газпром добыча Ямбург»

ООО «Газпром переработка»

ООО «Газпром ПХГ»

ООО «Газпром трансгаз Волгоград»

ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

ООО «Газпром трансгаз Казань»

ООО «Газпром трансгаз Краснодар»

ООО «Газпром трансгаз Махачкала»

ООО «Газпром трансгаз Москва»

ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»

ООО «Газпром трансгаз Самара»

ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»

ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»

ООО «Газпром трансгаз Сургут»

ООО «Газпром трансгаз Томск»

ООО «Газпром трансгаз Уфа»

ООО «Газпром Трансгаз Чайковский»

## ППТО (ПУНКТ ПО ПЕРЕОБОРУДОВАНИЮ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ)

ИП Остапенко

ООО «Автогазоборудование»

ООО «БелТракСервис»

ООО «Гарант-Газ»

ООО «Метанмастерсервис»

ООО «НПС-Тракс»

ООО «ПАТИМ»

ООО «Тахограф»

ООО «ТрансЭнергоСтройгрупп»

## ПРЕДПРИЯТИЯ АПК (АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС)

ООО «ГК Агро-Белогорье»

## ПРОИЗВОДИТЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ТЕХНИКИ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

АО «Раритэк Холдинг»

ООО «Автомобильный завод ГАЗ»

АО «Автомобильный завод Урал»

ООО «АТС-сервис»

ООО «Ивеко Россия»

ООО «Мицубиси Корпорейшн (РУС)»

ООО «Скания-Русь»

ООО «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус»

ПАО «КАМАЗ»





## ЧЛЕНЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГАЗОМОТОРНОЙ АССОЦИАЦИИ

### ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТС И ППО (В ТОМ ЧИСЛЕ ГБО)

ООО «Донварт – Гидравлические системы»  
ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры»  
ООО «ВИТКОВИЦЕ Рус»  
ООО «Газкомплект»  
ООО «Газпарт 95»  
ООО «ГазСервисКомпозит»  
ООО «Джи-джи солюшнс»  
ООО «Интергаз-Сервис»  
ООО «Интехгаз»  
ООО «Флюид Лайн»  
ООО «Цилиндерсрус»  
ООО «Эра Глонасс»  
ООО НПФ «Реал-Шторм»

### ПРОИЗВОДИТЕЛИ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

АО «Барренс»  
ЗАО «Комптех»  
ООО «Бауэр Компрессоры»  
ООО «Компрессор газ»  
ООО «Краснодарский компрессорный завод»  
ООО «Уфимский компрессорный завод»  
ООО «Челябинский компрессорный завод»

### ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

АО «Газпром оргэнергогаз»  
АО «ГЛОБАЛ И ЭНД СИ СОЛЮШНС ФРАНЦИЯ»  
АО «Грасис Инжиниринг»  
ОАО НПО «Гелиймаш»  
ООО «Брянск-Автогаз»  
ООО «Геокадинжиниринг»  
ООО «Кировский завод Газовые технологии»  
ООО «Криогазтех»  
ООО «КРИОСТАР РУС»  
ООО «ЛЕВИТЭК»

ООО «Мониторинг Вентиль и Фитинг»  
ООО «НПК НТЛ»  
ООО «НПО «Нефтехимпроект»  
ООО «НТА-Пром»  
ООО «РМ КПГ»  
ООО «СервисАрт»  
ООО «СПГ Проект Инжиниринг»  
ООО «Тегрус»  
ООО «Тегрус Комплект»  
ООО «Трансстрой»  
ООО ИК «ПромТехСервис»  
ООО НПК «ЛенПромАвтоматика»  
ООО «Эйр Продактс»  
ПАО «Газпром автоматизация»

### ФИНАНСОВЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ИНСТИТУТЫ РАЗВИТИЯ

АО «Сбербанк Лизинг»  
ПАО «ГТЛК»

### ФИНАНСОВЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ИНСТИТУТЫ РАЗВИТИЯ

АО «Сбербанк Лизинг»  
ПАО «ГТЛК»

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ООО «ТК «Экотранс»

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ООО «АК-БУР Сервис»

### ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПАНИИ

ООО «Газпром энерго»  
ООО «Газпром энергосбыт»  
ПАО «Мосэнерго»  
ПАО «МОЭК»  
ПАО «ОГК-2»  
ПАО «ТГК 1»

## Семинар о повышении эффективности пассажирских перевозок за счёт использования КПГ и СПГ

**А.Е. Тавдишвили,**  
руководитель направления внешних коммуникаций  
и специальных проектов Национальной газомоторной ассоциации

*12 мая в Москве в рамках Российской недели общественного транспорта состоялся семинар Национальной газомоторной ассоциации на тему: «Инструменты и лучшие практики организации пассажирских перевозок на КПГ и СПГ».*

Благодаря партнёрам участие в мероприятии было бесплатным для всех слушателей. Генеральный спонсор семинара – ООО «Газпром газомоторное топливо». Партнёры мероприятия – ПАО «КАМАЗ» и ООО «Газсервискомполит».

На семинаре выступили представители семи компаний, членов НГА.



Василий Зинин

Модератором мероприятия стал исполнительный директор ассоциации Василий Зинин, который начал семинар с результатов развития рынка за последние три года, охарактеризовал тенденции развития на ближайшие 10 лет, а также рассказал, почему метан – приоритетный вид топлива для Российской Федерации.

Первым докладчиком был Павел Каробкин, заместитель начальника отдела ООО «Газпром газомоторное топливо», который представил планы компании по развитию сети газозаправочной инфраструктуры на ключевых федеральных трассах: М1, М4, М5, М7, М10, М11. Кроме того, Павел сообщил о действующих маркетинговых программах компании и реализованных проектах с крупнейшими автоперевозчиками России.

Следующий докладчик, заместитель директора департамента пассажирского транспорта ПАО «КАМАЗ» Данил Гинятуллин, отметил, что пассажирский транспорт – один из стратегических приоритетов развития ПАО «КАМАЗ». КАМАЗ нацелен на укрепление лидерства в сегменте больших низкопольных автобусов и электробусов. Данил Рафаилович представил существующий модельный ряд городских и пригородных пассажирских автобусов компании, рассказал о перспективных



проектах предприятия. Отдельное внимание было уделено сервисному контракту и экономической эффективности использования автобусов на газомоторном топливе. Выступление вызвало большую заинтересованность присутствующих: задавались вопросы, общение о возможностях сотрудничества продолжилось в личных беседах после окончания семинара.

Третий докладчик, генеральный директор ООО «Газсервискомполит» Максим Скосырев, первую часть доклада посвятил тенденциям российского рынка газомоторного топлива,

эксплуатации различных баллонов для метана и результатам компании по реализации баллонов для природного газа. По его оценкам, компания продаёт около 10 тыс. баллонов в год. Вторая часть доклада была посвящена специальным предложениям для автомобильных и автобусных парков по реализации проектов мобильных и модульных заправочных пунктов на территории предприятий для снижения топливных затрат путём перехода на использование газомоторного топлива. Компания осуществила несколько подобных проектов на территории России и имеет

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАПРАВКИ КПГ

ДОСТАВЛЯЕМ  
ТОПЛИВО  
В АВТОПАРК



-  Способ крепления баллонов позволяет снизить габариты ПАГЗ при максимальной вместимости
-  ПАГЗ комплектуется 1-2 постовой газораздаточной колонкой
-  Баллон Тип 3 имеет алюминиевый лейнер и не нуждается в наличии постоянного остаточного давления
-  Широкий ряд используемых моделей компрессоров

ПАГЗ  
Объем газа до 7000 м<sup>3</sup>  
до 110 баллонов



МАГНС  
Производительность компрессора до 500 нм<sup>3</sup>/час



ОБЪЕМ ПЕРЕВОЗИМОГО ГАЗА ДО 7000 м<sup>3</sup>

АКТИВНОЕ И ПАССИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

ИСПОЛНЕНИЕ НА ПОЛУПРИЦЕПЕ/ШАССИ

#### ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ЗАПРАВКИ КПГ

	ПАГЗ	АГНС-1000
Кол-во заправляемых ТС в сутки	30	150
Стоимость оборудования	25 млн.р.	50 млн.р.
Реализация проекта, мес.	4	12

Из презентации М. Скосырева





Действующие и планируемые к вводу в 2022-2023 гг. объекты по заправке КПП

Из презентации Л. Кудряшова

широкий опыт по масштабированию данной схемы работы.

«Топливные возможности по заправке КПП от ПАО «НК «Роснефть» – так сформулировал тему своего доклада следующий выступающий, заместитель генерального директора по коммерции и развитию бизнеса ООО «Ванкорское УТТ» Леонид Кудряшов. Была представлена общая концепция развития газозаправочной сети, а также планы по развитию сети на 2022-2023 гг. Согласно представленной информации, компания планирует запустить 23 АГНКС до конца 2023 года в регионах Центральной России, а также в ЮФО и ПФО. По оценке компании, доля потребления метана в общем топливном балансе вырастет до 3,8 % к 2028 году.

Главный специалист Департамента газификации и маркетинга СПГ на внутреннем рынке ПАО «НОВАТЭК» Алексей Нарцызов подчеркнул разницу между использованием КПП и СПГ на транспорте, а также продемонстрировал различные виды заправочных объектов, которые применяет компания: стационарная заправочная станция, модульная заправочная станция, передвижной заправщик.

Кроме того, Алексей представил проект компании «Малотоннажное СПГ», согласно которому число КриоАЗС вырастет до 66 ед., а КСПГ – до 8 ед. В завершение выступления был приведён пример расчёта корпоративной программы «Приобретения новой техники на СПГ в лизинг».

Александр Смирнов, менеджер по работе с корпоративными клиентами компании ITALGAS, представил решения для бизнеса, позволяющие переводить действующие автопарки на использование ГМТ и обеспечивающие бесшовный переход с дизельной на газомоторную технику. За 9 лет компания реализовала проекты для более чем 200 компаний России, проведя переоборудование более чем 2500 транспортных средств.

В завершение семинара выступил генеральный директор компании Эйдос Инновации Рамиль Гайнутдинов. Он представил совместный проект компании и МАДИ по использованию метана на учебных легковых и грузовых автомобилях. В этой концепции учебный автомобиль становится инструментом повышения реализации метана в качестве моторного топлива.



Из презентации А. Нарцызова

Благодарим всех партнёров, спикеров и участников мероприятия за интересную и содержательную дискуссию и приглашаем на следующие мероприятия НГА.

За анонсами Национальной газомоторной ассоциации следите на официальном сайте и в социальных сетях.

➔ [www.ngvrus.ru](http://www.ngvrus.ru)



## Москва – Сочи: путешествие на природном газе

*Национальная газомоторная ассоциация решила запустить экологическую инициативу и проверить, как снижается количество выбросов загрязняющих веществ, если устроить путешествие по России по наиболее популярным маршрутам на метановом автомобиле.*

*Всем известно, что метан на сегодняшний день самое экологичное моторное топливо из широкодоступных. В нём полностью отсутствуют выбросы низкодисперсных сажевых частиц, оксидов серы, а выбросы углекислого газа в среднем на 40 % ниже, чем у бензинов марки Евро-5. Кроме того, это топливо очень экономичное, средняя цена в России – ниже 20 руб. за 1 кубометр (эквивалентен 1 л бензина), а значит для дальних расстояний выгода ещё более ощутимая!*

*Однако наряду с положительными свойствами метана, есть и проблемы – очень малое количество заправок в стране. Сегодня их чуть более 600, основная часть расположена в европейской части России. До сих пор существуют города и даже регионы, где АГНКС (автомобильная газонаполнительная компрессорная станция) отсутствуют.*

*Зная все эти факторы, вооружившись опытом – своим и коллег по отрасли, мы решили опробовать первый маршрут самостоятельно, чтобы на себе почувствовать все особенности такого путешествия.*

*Из Москвы в Сочи отправился Александр Тавдидишвили, руководитель направления внешних коммуникаций и специальных проектов Ассоциации. Дальнейший рассказ будет вестись от первого лица...*

Мне повезло! Во-первых, наши коллеги из компании АТС помогли с автомобилем – и это была новенькая, только что с завода LADA VESTA CNG, с пробегом 19 км. Во-вторых, я еду в Сочи на майские праздники, а что может быть приятнее времени, проведённого на море, в Краснодарском крае.

Я выезжал из Москвы в 6 утра, по плану было проехать маршрут за 19-20 часов. В бензобаке был бензин, примерно полбака. Наша первая остановка – АГНКС № 10 компании Мосавтогаз. Она находится на МКАДе, в хорошей транспортной доступности, съезд очень удобный. Станция советской постройки, потому новой стильной заправки я не ждал, самое главное на АГНКС – конечно, безопасность. Что хорошо, все объекты Мосавтогаза принадлежат Минэнерго России, а значит сомневаться в безопасности не приходится. Цена на стеле – 22 руб. Наполнителей баллонов на этой АГНКС я не нашёл, потому очень обрадовался помощи водителя метанового ПАЗика, который помог установить переходник и осуществить заправку. Я заправил практически 19 кубов, заплатил за это 415 руб., отсюда мое метановое путешествие началось!

Благодаря раннему времени пробок на МКАДе не было, и я за считанные минуты добрался до скоростной федеральной трассы М4 «Дон», по которой пройдёт большая часть путешествия. Стоит отметить, что при планировании маршрута стало ясно, что на трассе нет ни одной АГНКС, поэтому, чтобы заправиться метаном, придётся отклониться от намеченного пути и заезжать в населённые пункты.

Следующей нашей остановкой стал город Новомосковск в Тульской области. Там расположилась газовая заправка компании «Газпром газомоторное топливо», российского лидера по числу АГНКС. Этот объект находится примерно в 15 км от трассы М4, разница между дорожными покрытиями на скоростной трассе и при съезде с неё в сторону заправки, к сожалению, ощутима



и далеко не в пользу городской дороги. И уже при повороте к этой АГНКС стало ясно, что эта проблема будет преследовать меня на протяжении всего следования!

Пару слов о станции. Объект также старого типа, однако через несколько дней после нашего посещения на АГНКС произошла плановая замена оборудования – поставили новые колонки. На заправке установлен новый кофейный вендинговый аппарат. В этот раз наполнитель баллонов мне снова не встретился, и за помощью я обратился к водителю такси. Дело в том, что метановые заправки могут отличаться друг от друга установленным оборудованием, а значит и способом подключения заправочного пистолета, устройством сброса и подачи газа и даже алгоритмом начала заправки: на некоторых станциях за это отвечает оператор-кассир, а на некоторых есть кнопка «СТАРТ» на экране газораздаточной колонки (ГРК). Поэтому первое время приходилось просить помощи у опытных «метановедов». Цена на стеле – 19,56 руб. Так как мы проехали всего 250 км, на этой заправке удалось заправить только 14,5 кубов метана. Возвращение на трассу заняло около получаса. Итого, съезд с трассы, заправка и возвращение заняли у нас около часа дополнительного времени.

Трасса М4 была практически безлюдна – удалось ехать на максимально разрешённой для автомагистрали скорости. Топливо заканчивалось стремительно, а следующая возможность заправиться – только в Воронеже. Обратили внимание, что на трассе заметен также и небольшой расход бензина. Действительно, при высоких оборотах двигателя топливная система забирает немного бензина, чтобы охладить внутренние элементы двигателя: так как температура сгорания метана выше, чем бензина, это необходимо для бесперебойной работы. Так что при путешествиях на метане важно учитывать и этот факт.

Воронеж становился всё ближе, там нас ждала наиболее близкая к трассе заправочная станция компании Роснефть – всего в 1,5 км от трассы. Однако произошло досадное недоразумение – при съезде с трассы в город мы выбрали неверную полосу и вернулись обратно на М4 по направлению в Сочи. Ближайший разворот ждал нас только через 56 км, в связи с чем было принято решение не возвращаться и ехать дальше. Через 50 км метан в баллоне закончился, мы перешли на бензин.

Удачно, что у моего напарника по путешествию с собой была бензиновая топливная карта с безлимитным объёмом, потому что иначе топливные затраты существенно бы выросли.

Путешествие продолжалось, и по рекомендациям коллег на следующей остановке было принято решение посетить частный заправочный объект под брендом IGas, который находится в городе Шахты Ростовской области. Следует отметить, что Ростовская область – один из первых регионов ускоренного развития газозаправочной инфраструктуры, и в регионе сейчас уже более 25 объектов, это один из самых крупных показателей в стране. К сожалению, и этот объект располагается на значительном отдалении от трассы. Более 30 км мы преодолели, чтобы добраться до него, а дорога была далеко не из лучших! Ремонтные работы, естественные неровности – верные спутники каждого нашего съезда с трассы в сторону АГНКС. Сложно передать степень нашего разочарования, когда весь этот путь закончился очередью из 15 автомобилей, автобусов, грузовых тягачей... У высокого уровня развития газозаправочной инфраструктуры в Ростовской области обнаружилась обратная сторона: некоторые заправочные объекты оказались перегружены и не успевают за растущим спросом. Очереди в пиковые часы достигают 2-3 часов ожидания, руководство заправочных объектов, как правило, ситуацией не управляет, пуская всё на самотёк. Через 10 км, по направлению в сторону трассы М4, нас ждал ещё один заправочный объект под тем же брендом, однако ситуация там была аналогичная: длинная очередь из фур и такси – ключевых потребителей метана! Несмотря на это хотелось бы похвалить руководителей станций за порядок на территории, хорошее дорожное покрытие, стильный внешний вид, наличие магазина и рабочих туалетов. Цена на стеле – 18 руб., одна из самых низких на всём пути следования.

После всех злоключений, связанных с заправкой метаном, мы, уже порядком уставшие и выбившиеся из графика, приняли решение на АГНКС больше не заезжать, не испытывать судьбу, завершив наш путь на бензине.

---

Итог поездки по направлению Москва – Сочи. Примерно 550 км на метане, время в пути – 24 часа. Затраты на топливо составили 698 руб., что доказывает колоссальную экономичность природного газа. Даже при условии некоторого потребления топливной системой бензина для охлаждения, затраты на 1 км пути не превысили 2 руб., тогда как на бензине стоимость стремится к 4-5 руб./км.

После нескольких дней на Черноморском побережье настала пора двигаться домой. На обратном пути моими спутниками стали мои давние друзья – молодая пара из Москвы, которых мне удалось в полной мере вдохновить идеей путешествия на экологичном топливе, поэтому мы, как истинные адепты своей новой веры, посетили пять АГНКС.

Уверен, для читателей не секрет, что в Сочи и Адлере нет открытых для розничного потребителя АГНКС. В прошлом каждая попытка построить заправку в городе-курорте терпела фиаско, в основном из-за сложностей с оформлением земельных участков. Надеюсь, что в обозримом будущем эти проблемы будут решены, и АГНКС наконец появятся в столь популярных, в том числе благодаря природной красоте, городах. Пока же водители в Сочи вынуждены использовать бензин и дизельное топливо.

А мы отправились в Лазаревское, которое формально относится к городскому округу Сочи, но от центра города находится в 68 км. Из-за особенностей горной дороги преодолеть это расстояние менее чем за 1,5 часа не представляется возможным. Нашей целью стала заправка Газпрома в Лазаревском. АГНКС была почти безлюдной, лишь один ПАЗик заканчивал заправку. Станция старого типа, но с новыми ГРК, цена на стеле – 19,98 руб. На территории работает туалет и кофейный аппарат. Удалось заправить около 19 кубов.

Через 6 часов и примерно 300 км мы добрались до Краснодара. Поздним вечером на АГНКС Газпрома в Краснодаре нас ждала длинная очередь. Мы остановились на ночлег и посетили заправку уже в 6 утра, машин практически не было, 17 кубов метана – в баллоне.

Порадовало нас, что на обратном пути была замечена готовая к открытию заправка непосредственно на трассе. Думаю, она станет первой трассовой заправкой на М4! Графика «Газпром газомоторное топливо» и логотип ЭкоГаз просвечивали через прозрачную плёнку.

Дорога до Ростова-на-Дону пролетела незаметно. 300 км по скоростной трассе ранним солнечным утром зарядили нас энергией до самой столицы. В Ростове мы посетили частную заправку под брендом «МЕТАН ТРЕЙД» по адресу пр. 40-летия Победы, д. 113Б. Современный заправочный пункт на шесть постов, ухоженная территория, магазин, кафе и туалет, оборудование производителя Shelf. Цена метана 18 руб., мы заправили 17,6 кубов.

Нас ждал путь до Воронежа. К сожалению, расстояние между городами – около 600 км, что не позволяет доехать легковой машине на одном стандартном метановом баллоне. По данным народных карт заправок, на этом перегоне есть площадка, где базируется передвижная газовая заправка (ПАГЗ), однако режим её работы и готовность заправлять частных клиентов вызывали вопросы, поэтому мы решили не делать петлю в 27 км и поехать в Воронеж сначала на метане, затем на бензине.



Заправка Газпрома в Краснодаре





Заправка МЕТАН ТРЕЙД в Ростове-на-Дону

В этот раз нам удалось заехать на АГНКС Роснефти, на которую мы не попали в прошлый раз. Но здесь нас опять ждало разочарование: несмотря на наличие отдельной зоны, ГРК и всех атрибутов метановой заправки станция не работала. По словам оператора, метаном не заправляют уже около двух месяцев. Надеюсь, коллегам из Роснефти удастся закончить технические работы и восстановить деятельность самой близкой к трассе М4 «Дон» АГНКС. Удачно, что в 3 км от этой заправки нашлась АГНКС частного владельца – очень аккуратная станция без явного бренда. Она обозначена далеко не на всех картах, потому оставляю здесь точный адрес: ул. Серафимовича, д. 31/1. Это была первая станция, где заправку полностью осуществлял сотрудник АГНКС. Цена метана – 19 руб. Установлено оборудование производителей из Армении. В баллон заправили 21 куб на 400 руб. соответственно.

На этом запасе топлива мы проехали около 400 км. Из-за того, что торопились, пропустили поворот на Новомосковск, где располагается единственная метановая заправка на всём пути между Воронежем и Москвой. После опустошения метанового бака LADA автоматически перешла на бензин. За весь путь мы заправили бензина на сумму около 2000 руб.

Майские праздники подходили к концу, пробки в сторону Москвы росли с каждым километром, поэтому остаток пути и весь МКАД мы проехали на бензине. А последняя заправка была уже в Москве, на АГНКС № 11 Газпром на ул. Левобережная, одной из крупнейших станций в Европе. Эта АГНКС порадовала нас со всех сторон: удобные ГРК, которые сразу приспособлены для обслуживания транспорта с заправочным клапаном NGV-1, большая клиентская зона, уборные и ухоженная территория. Цена на станции была также 19,98 руб., последняя заправка была объёмом 20,5 кубометров.

Подвожу итог обратному путешествию: расстояние составило около 1700 км, затраты на метан – 1838,6 руб., затраты на бензин – 2000 руб. Таким образом, 1 км пути стоил чуть более 2 руб. Экологический эффект от использования метана на всём пути можно оценить в 57,8 кг CO<sub>2</sub> в виде снижения выбросов загрязняющих веществ.

В заключение хочется ещё раз отметить несколько наблюдений и дать на их основе предложения.

1. Отсутствие инфраструктуры непосредственно на трассе – главный тормозящий фактор развития всей газомоторной отрасли. На всём протяжении трассы М4 «Дон» встречались



---

огромные участки, в том числе с действующими заправочными комплексами, которые внешне удовлетворяли всем требованиям по развёртыванию инфраструктуры заправки метаном. Важно отметить, что такие участки встречались как у частных заправочных комплексов, так и у компаний-ВИНКов. Надеюсь, в скором времени и на других участках начнут появляться метановые заправки, потому что экономическая привлекательность для реализации метана колоссальная: при цене трубопроводного природного газа на уровне 5-6 руб. цена на стеле стремится к 20 руб.

2. Ускоренное развитие отрасли в некоторых регионах создало избыточный спрос, что вызывает очереди на АГНКС. Наличие многочасовых очередей перечёркивает весь экономический эффект от использования метана. Одним из способов решения проблемы может стать разделение заправочных колонок для грузовых (в том числе автобусов) и легковых автомобилей, а также внедрение системы электронной очереди и предварительного бронирования. Приглашаем участников рынка к сотрудничеству для разработки инструмента электронного бронирования времени заправки.

3. Ещё одним решением, способным помочь в вопросе удовлетворения пикового спроса, может стать развёртывание заправочной инфраструктуры по типу «материнская/дочерняя АГНКС», когда для заправки ключевых потребителей используется передвижной заправщик по заранее согласованному графику. Это значительно облегчает работу особенно крупных клиентов и нормализует работу АГНКС с частными потребителями. Подобную концепцию Национальная газомоторная ассоциация активно продвигает с 2019 года и готова оказать экспертную поддержку при её внедрении.

4. К сожалению, проблемой является уровень сервиса на заправках. В то время, как заправочные объекты с традиционными видами топлива планомерно занимаются повышением уровня сервиса и оказываемых услуг, совершенствуют работу персонала и качественно расширяют перечень предложений для клиента, на АГНКС годами ничего не меняется. На большинстве объектов по-прежнему отсутствуют уборные, персонал абсолютно не умеет общаться с клиентами, регулярно сталкиваешься с хамством и неуважительным отношением. Отдельный вопрос вызывает наличие переходников на заправочные клапаны NGV-1, на некоторых объектах их можно получить только под залог ценной вещи или документов, что в наши дни выглядит, по меньшей мере, странно. Про реализацию сопутствующих товаров даже не может быть и речи, этим могут похвастаться лишь единичные заправки. В то же время хочется отметить, что большинство компаний, реализующих традиционные виды топлива, основной доход получают непосредственно от продажи сопутствующих товаров и услуг, работы кафе, магазинов, автомоек и т.д.

5. Отдельно вынужден отметить изношенность основных фондов, плохое качество дорожного покрытия. Всё это является отталкивающими для потребителя факторами, создаёт общее негативное впечатление от заправочных объектов в частности и всей отрасли в целом.

6. И последнее. В 2021 году – в век современных технологий – большинство АГНКС не могут похвастаться использованием современных методов позиционирования. В первую очередь я имею в виду работу с картами, отзывами, общей информацией в интернете. Не все объекты отображаются на наиболее популярных в России картах: Яндекс, Google, 2GIS, я уже не говорю о новых сервисах, таких как «Яндекс.Заправки» и прочих агрегаторах топливных решений. По количеству негативных отзывов в сети можно сделать вывод, что за работой людей на станциях никто не следит, не осуществляет контроль качества. Содержательно большинство отзывов клиентов, кстати, повторяются от раза к разу. И эту проблему, в отличие от иных упомянутых выше, можно решить быстрее всего. Современные сервисы дают очень удобные инструменты для управления своим бизнесом в сети Интернет, для коммуникации с действующими и потенциальными потребителями.

Отмечу, что это был очень интересный, я бы даже сказал, уникальный опыт. Рекомендую всем, кто занимается развитием ГМТ на разных уровнях, устроить себе подобное путешествие, чтобы «на земле» понять, с чем сталкиваются реальные потребители, как устроена работа на станциях. Уверен, такое путешествие пойдёт на пользу всем без исключения руководителям и специалистам нашей сферы.

## Переоборудован 35-тысячный автомобиль

→ «Газпром газомоторное топливо» продолжает активную работу по переоборудованию автотранспорта на использование метана в качестве моторного топлива. С момента старта маркетинговых программ – 2015 года – переоборудован 35-тысячный автомобиль.



В период с января по апрель текущего года уже переоборудованы почти пять тысяч единиц транспорта, что в два раза превышает показатель аналогичного периода прошлого года. Активный переход владельцев легкового, грузового, а также пассажирского транспорта на использование экономичного и экологичного топлива вызван несколькими факторами.

«Сегодня при средней стоимости метана по стране в 19,48 рублей за куб он в 2-3 раза дешевле, чем такие традиционные виды топлива, как бензин и дизель. Объективно на сегодня использование природного газа в качестве моторного топлива – наиболее выгодное предложение на рынке. У нас есть все возможности и намерение сохранять это конкурентное преимущество в долгосрочной перспективе», – подчеркнул генеральный директор «Газпром газомоторное топливо» Тимур Соин.

Кроме того, метан отличается экологическими преимуществами. Выбросы углекислого газа у автомобиля на метане в 2-3 раза меньше, чем у бензинового, а выбросы оксидов азота ниже на 90 % по сравнению с дизельными автомобилями. В выхлопах газового транспорта полностью отсутствуют сажа и соединения серы, что обеспечивает в 9 раз меньшую задымлённость и загрязнение воздуха.

На сегодняшний день партнёрами «Газпром газомоторное топливо» по переоборудованию и техническому обслуживанию являются 340 пунктов по России.

<https://gazprom-gmt.ru/press-center/news/>



## Компания «Газпром газомоторное топливо» представила приоритеты развития на ближайшую перспективу

Компания провела ряд рабочих встреч с партнёрами – участниками строительства, оборудования и модернизации АГНКС по результатам работы в 2020 году.

Прошедший год показал рост потребления природного газа в России на 13 % по сравнению с 2019 годом. Всего на российском рынке было продано свыше 1,1 млрд кубометров КПП. На долю Группы Газпром приходится 76 % от общего объёма продаж, или 842 млн кубометров КПП. Доля независимых операторов составляет 24 %, или 267 млн м<sup>3</sup>. Объём потребления ГМТ в России за последние пять лет увеличился в два раза.

Рост рынка ГМТ произошёл на фоне уменьшения заправки традиционными видами топлива: на 5,6 % до 32,8 млн т снизился спрос на бензин и на 6,7 % до 35,5 млн т на дизель. Устойчивый спрос на метан в качестве автомобильного топлива обеспечивает его низкая цена. Это в среднем 19,48 руб. за кубометр, что в 2,5-3 раза дешевле бензина.

«Мы продолжаем работать по приоритетным направлениям: это расширение газозаправочной инфраструктуры, увеличение парка техники на метане, стимулирование спроса на газомоторное топливо,





взаимодействие с органами власти», – сказал на встрече с партнёрами генеральный директор компании Тимур Соин.

Сейчас на территории России 546 газозаправочных станций, 355 из них принадлежат Группе Газпром. В 2021 году «Газпром газомоторное топливо» (ГГМТ) планирует построить более 50 объектов на территории 24 регионов. Кроме того, запланировано 76 проектов реконструкции и технического перевооружения станций. Будет заменено 432 поста и 326 колонок на 58 АГНКС.

Объём финансирования строительства в 2021 году составит 44,9 млрд рублей нарастающим итогом. В 2020 году эта сумма составляла 33,9 млрд. Ожидается, что реализация КПП через сеть АГНКС «Газпром» в 2021 году составит 976 млн кубометров.

«Газпром газомоторное топливо» обновляет стратегию развития СПГ. Так, в рамках Программы по развитию производственной и заправочной инфраструктуры КПП/СПГ Группы Газпром на автомобильных дорогах федерального значения инфраструктура будет сосредоточена на ключевых федеральных трассах: М-10 «Россия», М-11 «Нева», М-4 «Дон», М-5 «Урал», М-7 «Волга» и М-1 «Беларусь». В соответствии с планами компании в 2022-2023 гг. планируется увеличение розничной сети для КПП и СПГ более чем на 200 газозаправочных объектов.

Кроме того, компания откроет первые франчайзинговые газозаправочные станции под брендом «Газпром» в Татарстане и Краснодарском крае летом 2021 года. Всего до конца года планируется запустить не менее 7 станций. Компания в перспективе намерена выйти на темп в 10-15 АГНКС по франшизе ежегодно.

Компания в части развития сервиса и доступности АГНКС изменила стратегический подход. Новое строительство предусматривает организацию помещений для реализации сопутствующих товаров и услуг. 90 % существующих станций уже оборудованы вендинговыми аппаратами, на некоторых объектах открыты магазины.

Компания отмечает существенный прогресс обустройства станций за период с марта 2021 года по настоящее время. Продолжается работа над развитием сервиса и доступности заправочных станций для потребителей.

Показатель по потреблению ГМТ, заложенный в подпрограмму «Развитие рынка газомоторного топлива», в 2020 году перевыполнен на 17 %. Ожидается, что меры государственной поддержки продолжат стимулировать рост рынка газомоторного топлива.

ГГМТ ведет эффективную работу с федеральными и региональными органами власти. В 27 субъектах РФ сейчас идёт активная стройка АГНКС. Планируется увеличение регионов-участников ещё на 33 субъекта. Это позволит создать дополнительные производственные мощности газомоторного топлива до 1 млрд м<sup>3</sup>/год и 172 АГНКС в 33 субъектах РФ.

«Мы сможем достичь дополнительного прямого экономического эффекта от оптимизации топливных издержек потребителей в 20 млрд рублей в год. Это при условии загрузки 172 АГНКС на 80 % производственной мощности», – отметил Тимур Соин.

На ближайшие годы запланирован ребрендинг инфраструктуры компании «Газпром газомоторное топливо».

---

Тимур Соин поблагодарил партнёров за качественную реализацию совместных проектов по развитию сети заправочных станций на природном газе в 2020 году и отметил положительный экономический и экологический эффект проведённой работы.

<https://gazprom-gmt.ru/press-center/news/>

## В Сочи обсудили перспективы перевода транспорта на экологичное топливо

25 мая в Сочи состоялось рабочее совещание, которое прошло под руководством главы города Алексея Копайгородского с участием генерального директора «Газпром газомоторное топливо» Тимура Соина. В обсуждении также приняли участие генеральный директор «Газпром Межрегионгаз Краснодар» Алексей Руднев и президент Национальной транспортной ассоциации Леонид Бондаренко. Главной темой стали вопросы развития газомоторной инфраструктуры, в том числе подбор земельных участков и перспективы перевода городского транспорта на метан.



В центре Алексей Копайгородский, справа от него – Тимур Соин

Участники встречи обсудили экономические и экологические преимущества метана перед другими видами топлива. По данным исследований, выбросы в атмосферу углекислого газа у автомобиля на метане в 2-3 раза меньше, чем у автомобиля на традиционных видах топлива, выбросы канцерогенных веществ ниже на 90 %.

– В Сочи необходимо внедрять зелёные стандарты во всех сферах, нужно сохранить экологию курорта. По поручению губернатора Краснодарского края Вениамина Ивановича Кондратьева и при поддержке председателя совета директоров ПАО «Газпром» Виктора Алексеевича Зубкова будем активно заниматься развитием газомоторной инфраструктуры. Уже сегодня часть коммунальной техники в Сочи работает на метане, – сказал мэр Сочи Алексей Копайгородский.

Сейчас в Сочи проходит тестовая эксплуатация пассажирских автобусов, работающих на природном газе. Новые модели курсируют на маршруте № 77, который соединяет центр Сочи с посёлком Лазаревское.

В Лазаревском районе курорта расположена АГНКС, также в городе действует передвижной автомобильный газозаправщик.

*Справка*

*Производство и реализация природного газа (метан) в качестве моторного топлива – стратегическое направление деятельности ПАО «Газпром». Для системной работы по развитию рынка газомоторного топлива создана специализированная компания – ООО «Газпром газомоторное топливо». Природный газ (метан) – наиболее экономичное и экологичное моторное топливо. Его цена в среднем по России – 19,5 руб. за 1 м<sup>3</sup>. Стоимость километра пути на метане для легкового автотранспорта составляет около 2 руб. По расходу 1 м<sup>3</sup> метана эквивалентен 1 л бензина. Техника, работающая на метане, многократно подтверждала свою надёжность в ходе протяжённых международных автопробегов и спортивных соревнований.*

<https://gazprom-gmt.ru/press-center/news/>



## Президент ставит задачу

В Послании Федеральному Собранию Президент России Владимир Путин поставил задачу за предстоящие 30 лет снизить накопленный объём чистой эмиссии парниковых газов в России до уровня ниже, чем в Евросоюзе.

Газомоторное топливо (метан) и расширение его применения являются краеугольным элементом достижения озвученной президентом цели.

Известно, что в период с 2016 по 2019 год снижение выбросов парниковых газов составило 6,2 млн тонн благодаря применению природного газа в качестве моторного топлива. Только за счёт перевода 62 % автопарка Группы компаний «Газпром» на природный газ было зафиксировано сокращение выбросов загрязняющих веществ с 2014 года на 160 тыс. тонн.

В целом выбросы в атмосферу углекислого газа и канцерогенных веществ от автомобилей на метане в 2-3 раза меньше, чем на традиционном топливе. В выхлопах транспорта на природном газе полностью отсутствует сажа и соединения серы, что в 9 раз минимизирует задымлённость и загрязнение воздуха.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/posts/1550724288450324>

## «Газпром» рассмотрел направления развития водородной энергетики

18 марта правление «Газпрома» рассмотрело вопрос о производстве и применении водорода, осуществлении экспортных поставок водорода и метано-водородных смесей с использованием существующей газовой инфраструктуры.

Отмечено, что в последнее время водородная энергетика рассматривается во многих странах как одно из ключевых направлений при реализации национальных стратегий по низкоуглеродному развитию. Вместе с тем водород является вторичным энергоресурсом – для его производства требуется дополнительная энергия, что отражается на его себестоимости. Большинство заявленных в этой области зарубежных проектов реализуются за счёт государственных субсидий и льгот, а общего мирового рынка «энергетического» водорода сегодня не существует.

На предприятиях Группы «Газпром» в настоящее время по различным технологиям производится более 350 тыс. тонн водорода, который используется для получения различных видов продукции.

Для «Газпрома» представляется важным формировать собственные технологические компетенции в области водородной энергетики, используя уникальные свойства природного газа – экологичность и экономичность. В этой связи компания рассматривает несколько направлений использования водорода как энергоресурса.

Прежде всего, это разработка инновационных технологий для

применения метано-водородного топлива в собственной производственной деятельности, а также разработка инновационных технологий для производства водорода из метана без выбросов углекислого газа и способов его транспортировки, в том числе, для экспорта.

Масштабное внедрение подобных технологий создаст дополнительный спрос на природный газ как сырьё для производства водорода.

Вопрос о производстве и применении водорода, осуществлении экспортных поставок водорода и метано-водородных смесей с использованием существующей газовой инфраструктуры будет внесён на рассмотрение Совета директоров.

Управление информации ПАО «Газпром»

## В 2020 году «Газпром» снизил выбросы парниковых газов и сэкономил 3,92 млн тонн у.т.

- Выбросы парниковых газов снижены на 14 % к 2019 году.
- Экономия природного газа – 3,27 млрд кубометров, электроэнергии – 305,9 млн кВт·ч.
- «Газпром» и «Газпром нефть» – на первом месте среди российских нефтегазовых компаний в международном климатическом рейтинге CDP.

Совет директоров ПАО «Газпром» одобрил проводимую компанией работу по охране окружающей среды, повышению энергоэффективности и сокращению выбросов парниковых газов, разработке и реализации проектов по ограничению выбросов метана в атмосферу.

Отмечено, что «Газпром» много лет ведёт системную работу по снижению воздействия на окружающую среду и повышению энергоэффективности, которая основана на принципах рационального использования ресурсов и выполнении требований российского природоохранного законодательства и добровольных обязательств компании.

В 2020 году «Газпром» реализовал запланированные мероприятия по охране окружающей среды и достиг корпоративных экологических целей. Особое внимание, как и прежде, было уделено энергосбережению и повышению энергоэффективности. В «Газпроме» действует соответствующая программа на 2020-2022 годы. В 2020 году компания сэкономила 3,92 млн т у.т. топливно-энергетических ресурсов: 3,27 млрд кубометров природного газа, 305,86 млн кВт·ч электроэнергии и 251,92 тыс. Гкал тепловой энергии. Фактический показатель общей экономии на 8 % превысил плановый. Суммарная стоимость сэкономленных топливно-энергетических ресурсов составила 13,77 млрд руб.

Ещё одно подтверждение эффективности работы в этом направлении – сокращение выбросов парниковых газов. В 2020 году компания

---

снизила их на 16 млн тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента, или на 14 % по сравнению с 2019 годом. Такой результат достигнут за счёт применения при проведении ремонтных работ современных технологий сохранения газа – в том числе мобильных компрессорных станций, а также оптимизации использования энергетических ресурсов, реконструкции и модернизации компрессорных станций.

Важный показатель, который находится в центре внимания «Газпрома», – снижение выбросов метана по всей производственной цепочке. В частности, компания проводит регулярную внутритрубную дефектоскопию газопроводов, обследует их техническое состояние и ведёт мониторинг выбросов метана в атмосферу с помощью вертолётов и дронов с лазерными детекторами.

Усилия компании высоко оцениваются экспертным сообществом. В 2020 году ПАО «Газпром» и ПАО «Газпром нефть» признаны лучшими российскими нефтегазовыми компаниями в международном климатическом рейтинге CDP (Carbon Disclosure Project).

Правлению поручено продолжить работу, направленную на повышение экологичности и энергоэффективности производственной деятельности компании, снижение выбросов парниковых газов, а также реализацию проектов по ограничению выбросов метана в атмосферу.

#### ***Справка***

В компании принята Экологическая политика ПАО «Газпром». Это основополагающий документ Системы экологического менеджмента (СЭМ), соответствующей требованиям международного стандарта ISO 14001:2015.

На уровне ПАО «Газпром» действует Экологическая инспекция – единственная корпоративная инспекция среди российских нефтегазовых компаний. Она обеспечивает контроль за соблюдением дочерними обществами и подрядными организациями требований природоохранного законодательства и корпоративных норм и правил в области охраны окружающей среды, а также внутренние аудиты СЭМ дочерних обществ ПАО «Газпром».

Внедрена система энергетического менеджмента – она отвечает требованиям международного стандарта ISO 50001:2018.

В марте 2018 года «Газпром» наряду с ведущими зарубежными энергетическими компаниями подписал Руководящие принципы по снижению выбросов метана в производственно-сбытовой цепочке природного газа. Компания приняла обязательства по дальнейшему сокращению выбросов метана на своих производственных объектах и привлечению других участников газового рынка к следованию этому примеру во всех звеньях производственно-сбытовой цепочки – от добывающих предприятий до конечного потребителя.

В октябре 2018 года «Газпром» утвердил корпоративную Политику в области энергетической эффективности и энергосбережения. Документ является логическим развитием Концепции энергосбережения и повышения энергетической эффективности «Газпрома» на 2011-2020 гг. и отражает обязательства компании в данной сфере.



Среди других документов – Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «Газпром» на 2020-2022 гг., Комплексная экологическая программа ПАО «Газпром» на период 2020-2024 гг., Дорожная карта системы управления выбросами парниковых газов в компаниях Группы «Газпром» на период до 2020 года и на перспективу до 2030 года.

В состав Carbon Disclosure Project (CDP) входят более 700 международных финансовых организаций. В рамках CDP составлена крупнейшая международная база данных по корпоративным выбросам парниковых газов и рискам, связанным с возможными изменениями климата, которая используется инвесторами при принятии инвестиционных решений.

Управление информации ПАО «Газпром»

## 1000-я Scania на метане отгружена российскому клиенту

В России отгружен юбилейный 1000-й грузовой автомобиль Scania на газомоторном топливе. Грузовик передан транспортной компании «Авангард» из Сухого Лога (Свердловская область) в составе партии из 10 седельных тягачей Scania 6×4 для эксплуатации с самосвальными полуприцепами для перевозки нерудных материалов.

Компания Scania видит большой потенциал газомоторной техники в России и активно развивает это направление. По итогам 2020 года было реализовано 402 грузовых автомобиля на метане, в то время как в 2019-м – 303, а в 2018-м – 214.

Российские транспортные компании видят реальные преимущества техники на метане и спрос на неё устойчиво растёт, поэтому Scania расширяет модельный ряд и, соответственно, сферы применения. Наряду с тягачами для магистральных перевозок появилась техника для сферы ЖКХ и лесозаготовки, скоро будут представлены карьерные самосвалы. Также с этого года отмечается увеличение поставок магистральных тягачей на сжиженном природном газе.

Юбилейный тягач Scania на метане сконструирован специально под транспортную задачу клиента, как и остальные автомобили этой партии. Грузовик с высоким шасси оснащён 13-литровым двигателем, который работает на КПП, а также 14-ступенчатой коробкой передач GRS905R с двумя «ползучими» передачами с автоматизированной системой Scania Opticruise и встроенным трансмиссионным тормозом-замедлителем для эксплуатации в сложных условиях. Специально понижено передаточное число главной передачи, за счёт чего машина стала более приёмистой. Задняя пневмоподвеска ведущей тележки тягача имеет разрешённую техническую нагрузку до 21 тонны.

«Мы на собственном опыте убедились, что газовая техника – мощная, надёжная, с хорошими тяговыми характеристиками. К тому же она даёт ощутимую финансовую экономию – не менее, чем на треть по сравнению с дизельными моделями благодаря снижению топливных затрат, – сказал Александр Кругляков, совладелец компании «Авангард».



– Для повышения эффективности техники мы стараемся создать водителям максимально удобные условия, поэтому выбрали комфортабельную кабину с сиденьем премиум-класса и спальным местом, использовали диодное освещение для работы в тёмное время суток. Scania для нас – один из ключевых партнёров, и мы рады, что даже на фоне непростой экономической ситуации из-за пандемии продолжается наше конструктивное сотрудничество».

ТК «Авангард» начала использовать тягачи Scania на метане первой в Свердловской области ещё в 2016 году из-за роста цен на дизельное топливо. На конец 2020-го в автопарке компании было 50 газовых тягачей Scania из более чем 100 единиц техники. На этот год была запланирована поставка 15 машин на метане. 10 из них компания получила в апреле, включая 1000-й газовый автомобиль Scania, поставленный в Россию. Партия выкуплена с частичным финансированием «Скания Лизинг».

Для оценки эффективности газовой техники и улучшения показателей «Авангард» используют дистанционную систему мониторинга Scania FMS. Особое внимание уделяется повышению профессионализма водителей. Специально для этого пятеро штатных инструкторов компании прошли подготовку в школе водительского мастерства Scania и теперь выполняют роль наставников. ТК «Авангард» даже построила собственную заправку (АГНКС), которая производит 20-24 тыс. кубометров газа в сутки и обслуживает за день около 90 грузовиков, в том числе собственный автопарк и машины других организаций.

<https://scanauto.ru/media-center-scania/news-scania/>

## В Костромской области количество экологичного транспорта увеличилось на 65 %

В Костромской области, благодаря введению дополнительных льгот, количество транспорта, работающего на экологически чистом топливе, увеличилось за последние два года на 65 %. Об исполнении поручения Президента России по снижению выбросов вредных веществ от транспортных средств на еженедельном областном совещании доложил директор регионального департамента транспорта Евгений Кананин.

В регионе в рамках реализации задач по снижению выбросов вредных веществ от транспорта по поручению губернатора области Сергея Ситникова в 2018 году утверждён план мероприятий, который предусматривает развитие использования газомоторного топлива. Для Костромской области были приобретены 16 автобусов марки ПАЗ, работающих на природном газе. Сегодня они эксплуатируются на 17 пригородных маршрутах. Также на экологическое и более экономичное топливо переводится транспорт предприятий жилищно-коммунального хозяйства и энергетики.

По информации профильного департамента, количество транспортных средств, использующих природный или сжиженный газ, за последние два года увеличилось на 65 % – со 167 до 277 единиц. Автобусы на газе используют более 85 % перевозчиков в Костроме и 45 % перевозчиков, осуществляющих обслуживание пассажиров на межмуниципальных маршрутах.

В 2021 году в рамках реализации дорожной карты в Костромской области планируется приобрести ещё 11 единиц транспорта, работающего на газомоторном топливе.

Для перевозчиков, использующих экологически чистое топливо, в регионе предусмотрен ряд льгот. Так, дорожные и жилищно-коммунальные службы освобождаются от уплаты транспортного налога.





---

Льготу в размере 50 % имеют перевозчики, дорожно- и мостоэксплуатационные предприятия, коммунальные службы, организации скорой медицинской помощи, пожарной охраны и полиции.

Недавно губернатор Сергей Ситников подчеркнул, что данную работу необходимо продолжить, и поручил просчитать экономический эффект от перехода транспортных средств на экологический вид топлива.

«Работу продолжаем и экологическую проблему тем самым решаем. Но у нас есть другая задача – снизить стоимость перевозок. Прошу департамент экономики подключиться к этому вопросу, внимательно посчитать экономический эффект, чтобы понимать, как действовать дальше. Полностью поддерживаю введение дополнительного требования по использованию экологичных видов топлива при проведении конкурсов на пассажирские перевозки. Прошу отработать эти вопросы», – подчеркнул глава региона.

По информации профильного ведомства, в настоящее время в регионе создаётся сеть газозаправочных станций. Для инвесторов предусмотрены государственные меры поддержки. Уже построена станция в городе Нее, ведётся строительство газовой заправки в Островском районе. В целом, инвесторам предоставлены 26 земельных участков под строительство газозаправочных станций, шесть из них – на территории областного центра.

<https://adm44.ru/news/detail.php/42986>

## МАЗ-65012К – газовый самосвал для Узбекистана

В столице Узбекистана Ташкенте в апреле прошла большая промышленная выставка «ИННОПРОМ». Среди её экспонатов была представлена автотехника ОАО «МАЗ», которое является управляющей компанией холдинга «БЕЛАВТОМАЗ».

С целью ознакомления зарубежных представителей с модельным рядом своей продукции минчане на данном международном форуме представили несколько автотранспортных средств различного назначения. В том числе и новинку – трёхосный самосвал МАЗ-65012К, работающий на газомоторном топливе (КПГ). Этот автомобиль с грузоподъёмностью почти 18,5 тонны был специально создан для узбекских потребителей.

Несколько лет назад в этой бывшей республике Советского Союза побывала официальная делегация Минского автозавода. Представители Республики Беларусь изучили возможности местного автомобильного рынка и провели предварительные переговоры с руководством. В результате было принято предварительное решение о поставке в эту среднеазиатскую страну автотранспортных средств, работающих на газовом топливе.

«В Узбекистане изготавливают собственное газовое оборудование, и в этой стране получили распространение газовые автомобили производителей многих стран, а вот белорусских ещё не было», – отметил начальник отдела специальных автомобилей ОАО «МАЗ»



Олег Бушуев.

Продолжением переговорного процесса явилась поездка в этот регион конструкторов столичного автозавода, которые встречались с потенциальными заказчиками и производителями специализированного газового оборудования. Их результатом стала договорённость об изготовлении автосамосвалов, оснащённых газовыми баллонами 1-го типа местного производства (условие узбекских заказчиков) и предназначенных для перевозки сыпучих и строительных грузов. На первую модель были разработаны и согласованы технические требования. Из нескольких предварительных вариантов выбрали тот, который устроил обе стороны и наиболее подходит к условиям эксплуатации в Узбекистане.

В начале 2020 года автозаводцы приступили к разработке конструкторской документации на автотехнику, получившую индекс MAZ-65012K. Сборка опытного экземпляра происходила в течение августа–сентября в ускоренном темпе (ещё одно условие заказчика). За основу взяли серийный грузовик MAZ-6501 с колёсной формулой 6×4, оснащённый дизельным двигателем. Но внесли целый ряд доработок. В связи с тем, что потребовалось обеспечить большой запас хода (400 км) и разместить максимальное количество газовых баллонов, длину колёсной базы шасси пришлось увеличить. Дополнительно появились установки девяти металлических баллонов «made in Uzbekistan» общим объёмом 900 л, которые компактно расположили за кабиной и в межколёсной базе с обеих сторон рамы.

«Так как газовый самосвал будет эксплуатироваться с повышенными нагрузками, мы доработали задние мосты, усилили подвеску и изменили ряд других узлов и агрегатов», – объяснил Олег Бушуев.

На трёхосник установили серийную 20-кубовую платформу прямоугольного типа с задней разгрузкой и задним бортом, лестницу и козырёк, закрывающий газовое оборудование. Изменилась и кабина. На MAZ-6501 стоит малая, а на MAZ-65012K – большая от MAZ-5440 со спальным местом. Дизельное «сердце» заменили на газовое – 400-сильное Weichai WP12NG400E50 стандарта Евро-5.

Одновременно собрали две машины. Столько потребовала узбекская сторона для проведения сертификационных испытаний. В Минске автомобили обмерили и взвесили. А потом отправили в Узбекистан.

<http://maz.by/media/news/2021/04/07/>

## В этом году в Пермском крае появятся 10 новых АГНКС

К концу 2023 года на территории региона будут работать 33 автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС).

Количество заправляющих метановым топливом автостанций в Прикамье в текущем году увеличится до 21. Решение об этом было принято на заседании регионального правительства под председательством губернатора Дмитрия Махонина.

Главное преимущество метана перед традиционными нефтепродуктами – это выгодная цена и экологичность. По своим эксплуатационным характеристикам он также не уступает бензину и дизельному топливу.

Как отметил глава Пермского края, использование более экологичных видов горючих веществ в регионе – важная задача в решении вопроса охраны чистоты воздуха. «Он очень важен, поскольку среда напрямую влияет на условия жизни населения. Именно поэтому темы экологической безопасности и сбережения природы появляются в повестке краевых властей чаще. И они имеют одно из первостепенных значений», – подчеркнул Дмитрий Махонин.

По словам главы минтранса Андрея Алякринского, между Пермским краем и Министерством энергетики РФ заключено соглашение о развитии в регионе сети заправочных станций, работающих на природном газе. На эти цели на период 2020-2022 гг. из федерального бюджета выделено 720 млн рублей.

Он также рассказал, что в начале прошлого года метаном в Прикамье заправляли семь АГНКС, к концу года благодаря соглашению было оборудовано ещё четыре заправки. Речь идёт о двух станциях в Перми (ул. Промышленная, 82б и ул. Спешилова, 11), а также по одной в Березниках и Чайковском.

«Планы на этот год не менее амбициозные – ввести в эксплуатацию 10 метановых заправок на территории региона. А в 2022-2023 гг. – ещё по шесть ежегодно. Таким образом, к концу 2023 года в регионе будет работать уже 33 метановых заправок», – сказал министр.

Как уточнили в краевом ведомстве, в текущем году новые АГНКС, в частности, появятся в Перми, Чусовом, Чернушке и Кунгуре.

Напомним, в прошлом году в рамках транспортной недели в Москве губернатор Прикамья провёл переговоры с дочерними организациями ПАО «Газпром» («Газпром СПГ» и «Газпром газомоторное топливо»), одной из ключевых тем которых стало развитие рынка газомоторного топлива в крае. В ходе встречи компания «Газпром газомоторное топливо» выразила намерения построить в Прикамье порядка восьми новых метановых заправок – в Перми, Соликамске, Березниках и на юге региона.

Помимо развития АГНКС в Пермском крае, реализуются также мероприятия по предоставлению субсидий на переоборудование транспорта на метан. Средства выделяются по госпрограмме «Развитие энергетики» от Минэнерго РФ.



Скидка составляет половину от стоимости переоборудования. Получить её могут граждане и субъекты малого и среднего предпринимательства. Причём клиент получает дисконт сразу при подписании договора. Среднее время по установке оборудования составляет восемь часов. Компания-установщик, которая предоставляет скидку, компенсирует эти деньги за счёт субсидии через Министерство транспорта Пермского края. На эти цели в 2021 году региону выделено более 53 млн руб. Из них около 39 млн руб. – федеральная поддержка.

Некоторые предприниматели пользуются возможностью перевести автопарк на газ ежегодно. К примеру, работающий на рынке таксомоторных услуг бизнесмен Алексей Несмелов переоснащает автомобили на метан с 2013 года. В целом на газобаллонном оборудовании у него работает уже 40 машин. По словам предпринимателя, самый главный плюс участия в программе – колоссальная экономия средств.

«Работать на метановом топливе в три раза дешевле, чем на бензине. А благодаря программе мы экономим ещё и на переоборудовании. До субсидии оно обходилось в районе 70-80 тыс. за автомобиль. С учётом субсидии – примерно 35 тыс. руб. Помимо этого, собственник автомобиля с газовым оборудованием получает бонусную карту на заправку на 27 тыс. экобонусов. Таким образом, на 27 тыс. руб. каждый наш автомобиль заправляется абсолютно бесплатно. Получается, что экономия составляет уже 62 тыс. руб. за автомобиль», – поясняет директор таксопарка.

По итогам прошлого года в рамках программы в Пермском крае было переоборудовано 797 транспортных средств. В текущем году планируется переоборудовать ещё 2178 автомобилей, в 2022 году – 1639, в 2023-м – 2698.

Компании, которые занимаются установкой газового оборудования, проходят отбор на получение субсидии в Министерстве транспорта Пермского края. Для этого предоставляют необходимый пакет документов (он есть на сайте ведомства в разделе «Газомоторное топливо»). Если организация прошла отбор, ведомство размещает на своей интернет-странице соответствующий приказ. После публикации документа компания может предоставлять потребителям скидки с последующим возмещением этих сумм за счёт субсидии. В этом году такой отбор стартовал 15 марта.

На сегодняшний день в крае работает семь аккредитованных центров-партнёров ООО «Газпром газомоторное топливо»:

1. ИП Зензин Илья Александрович. Адрес установочного центра: г. Пермь, ул. Усольская, 5а;
2. ИП Кобелев Артём Михайлович. Адрес установочного центра: г. Пермь, ул. Оверятская, 25;
3. ИП Кайгородов Сергей Александрович. Адрес установочного центра: г. Пермь, ул. Баумана, 5а;
4. ИП Файзулин Борис Михайлович. Адрес установочного центра: г. Пермь, ул. Соликамская, 317;
5. ООО «Газпрометан». Адрес установочного центра: г. Соликамск, ул. Черняховского, 4а;
6. ООО «Метан Сити». Адрес установочного центра: г. Соликамск, ул. Энергетиков, 3/1;
7. ИП Семейкин Иван Сергеевич. Адрес установочного центра: г. Соликамск, ул. Карналлитовая, 103.

<https://permkrai.ru/>

# Обзор российских и зарубежных СМИ

## Автопарк

До конца 2021 года Ликийский автобусный завод «Группы ГАЗ» поставит в Санкт-Петербург 250 автобусов ЛиАЗ-5292 LNG, что станет самой крупной поставкой автобусов на сжиженном природном газе в России.



Таким образом, Санкт-Петербург станет обладателем самого большого парка автобусов на СПГ в России. Уточним, что новые автобусы станут первыми в России выпускаемые серийно на сжиженном природном газе. Выпуск этой модели начался в марте 2021 года.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>

Кузбасс закупил партию новых автобусов на экологически чистом топливе. «Для закупки нового транспорта мы в семь раз увеличили финансирование профильной программы – с одного до семи миллиардов рублей. Старые автобусы в муниципалитетах заменяем на новые – комфортные и экологичные», – прокомментировал губернатор Сергей Цивилёв.

15 новых НЕФАЗов отличаются удобными салонами. Для людей с ограниченными возможностями предусмотрены специальные места под коляски и трапы для посадки.

С 2019 года в Кемеровскую область поступило уже 1077 автобусов, ещё 23 придут в первом полугодии 2021 года.



Юбилейная 1000-я Scania на газомоторном топливе отправлена в Свердловскую область. Автопроизводитель видит большой потенциал и активно развивает направление газомоторной техники в России. По итогам 2020 года было реализовано 402 автомобиля на метане, в то время как в 2019-м – 303, а в 2018-м – 214.

Наряду с тягачами для магистральных перевозок появилась техника для сферы ЖКХ и лесозаготовки, скоро будут представлены карьерные самосвалы. Также с этого года увеличиваются поставки магистральных тягачей на сжиженном природном газе.

Газовая техника – мощная, надёжная, с хорошими тяговыми характеристиками. К тому же она даёт ощутимую финансовую экономию – не менее чем на треть по сравнению с дизельными моделями благодаря снижению топливных затрат.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>



В Костромской области количество экологичного транспорта увеличилось на 65 %. Число транспортных средств в регионе, использующих компримированный или сжиженный природный газ, за последние два года увеличилось со 167 до 277 единиц.

В 2021 году в Костромской области планируется приобрести дополнительные 11 единиц транспорта, работающих на газомоторном топливе.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>



Калининград планирует закупить 42 автобуса на ГМТ. Первые 40 автобусов на газомоторном топливе планируют взять в лизинг



в 2022 году. Условия лизинга – финансирование «50×50» с правительством Калининградской области.

Одной из причин увеличения парка автобусов стало расширение маршрутной сети. Попутно власти города прорабатывают вопросы создания заправочной инфраструктуры для автобусов. Одна из АГНКС должна размещаться на базе «Калининград-ГорТранса». Её обещают предоставлять и обычным горожанам.



передвижная ремонтная мастерская для ремонта сетей водоотведения; передвижная ремонтная мастерская для ремонта сетей водоснабжения; седельный тягач с полуприцепом; три коммунальные дорожные машины (пескоразбрасыватель, поливомоечное оборудование, поливомоечное оборудование для ремонта дорог); коммунальная дорожная машина (для выполнения работ по содержанию пешеходных тротуаров). Технику закупят в рамках региональной программы газификации. На эти цели выделили 66,1 млн рублей, сообщили в администрации города.

<https://bratsk.irk.today/8363>



Воронежский транспортный поток пополнился 15-ю новенькими низкопольными автобусами, поступившими в столицу Черноземья в рамках программы Минтранса.



– В общей сложности мы успели получить 112 автобусов большого класса. Всё это – современная низкопольная техника на газомоторном



По словам губернатора Антона Алиханова, в этом году на обновление транспортной сети Калининграда выделено 100 млн рублей. В 2022 году планируется выделить ещё 500 млн.

Как сообщалось ранее, в начале года в областной центр были доставлены 20 подаренных мэрией Москвы автобусов ЛиАЗ. Транспорт прошёл регистрацию и техосмотр. Все 20 автобусов предназначены для маршрута № 14 «пос. Прегольский – Северная гора».

<https://kaliningrad.rbc.ru/kaliningrad>



Этим летом в Братск поступит экологичная спецтехника, работающая на газомоторном топливе. Её приобретают для двух городских предприятий – дорожной службы и МП «ДГИ» (Водоканал) до 31 июля. Всего в городе появится восемь единиц новой техники.

В этот список вошли: автомобиль бортовой с краноманипуляционной установкой;



топливе. Оставшиеся 28 единиц придут в Воронеж в ближайшее время, – рассказал глава города Вадим Кстенин.

Автобусы марки ЛиАЗ, как и те, что были приобретены ранее по программе льготного лизинга, просторные и комфортные: в них могут поместиться по 105 пассажиров. Каждая машина оснащена системой видеонаблюдения, электронной информационной строкой и цифровым табло. Кроме того, она может «наклоняться» к бордюру, облегчая посадку пассажиров.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>



18 седельных тягачей КАМАЗ-5490 NEO прибыли на площадку Логистического центра обслуживания гелиевых контейнеров (ХАБ) в ТОР «Надеждинская» 31 марта. Спецтехника специально разработана и поставлена в рамках соглашения ПАО «КАМАЗ» и ООО «Газпром гелий сервис».



Монотопливные СПГ-тягачи предназначены для транспортировки товарного гелия производства Амурского газоперерабатывающего завода в порты Приморского края. Наличие двух криобаков позволяет совершить пробег до 1400 км без дозаправки с полной нагрузкой, что особенно важно для перевозки криогенного продукта в изотермических контейнерах на большие расстояния в условиях Дальнего Востока.

В качестве моторного топлива тягачи КАМАЗ-5490 NEO используют сжиженный природный газ. Источником СПГ для заправки собственного транспорта «Газпром гелий сервис» станет строящаяся на территории ХАБа установка сжижения природного газа.

[https://vk.com/wall-200444941\\_27195](https://vk.com/wall-200444941_27195)

## Инфраструктура

В 2021 году компания «Газпром газомоторное топливо» планирует открыть семь АГНКС по франшизе на территории России. Первые станции появятся в Республике Татарстан и Краснодарском крае. Компания в перспективе намерена выйти на темп в 15-20 АГНКС по франшизе ежегодно.

Всего на территории России расположено 546 газозаправочных объектов. Из них в управлении Группы «Газпром» находятся 355 объектов.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>



Правительство Нижегородской области проводит работу по расширению территориальных границ рынка, стимулированию потенциальных инвесторов для размещения автомобильных газонаполнительных компрессорных станций. На начало текущего года в области действуют 11 заправок автомобилей компримированным природным газом. Таким образом, число метановых заправочных объектов в регионе в ближайшие 2,5 года может достичь 36 единиц.

С 2019 года область вошла в программу субсидирования из федерального бюджета части затрат инвесторам, которые построили объекты газозаправочной инфраструктуры. Ранее в России была утверждена программа развития рынка газомоторного топлива, её участниками стали 28 субъектов РФ.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>



В 2021 году на территории Пермского края откроются 10 новых АГНКС. Они появятся в Перми, Чусовом, Чернушке и Кунгуре. Общее число таких заправок в регионе вырастет до 21 ед. Соответствующее решение принято на заседании правительства Пермского края под председательством губернатора Дмитрия Махонина.

По словам министра транспорта региона, в 2022-2023 гг. планируется вводить по шесть метановых заправок ежегодно. К концу

2023 года в регионе будет работать уже 33 заправок.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>

## Цены

Розничные цены на бензин в России в марте относительно февраля в среднем выросли на 1,12 %, на сжиженный нефтяной газ (пропан-бутан, или СУГ) – на 6,5 %. Такую информацию в свежем отчёте об индексе потребительских цен опубликовал Росстат.

По данным Росстата средняя цена на СУГ в октябре 2020 года составляла 24 руб. 90 коп., в марте 2021 года она выросла до 27 руб. 65 коп. Рост за полгода составил порядка 11 %. В Минэнерго России столь резкий скачок стоимости пропан-бутана объяснили его свободным ценообразованием, то есть отсутствием госрегулирования его цены.

Средняя стоимость дизельного топлива на сегодняшний день составляет 49 руб. 36 коп.

Стабильной остаётся розничная цена на компримированный природный газ (метан) – в среднем 19,33 рубля за кубометр, столько же было в конце 2020 года.

Источник: Росстат



На протяжении последних шести месяцев стоимость метана на сети АГНКС «Газпром» по всей России сохраняется на уровне 4-го квартала 2020 года. «Газпром газомоторное топливо» реализует природный газ в качестве топлива по средней цене 19,5 руб., которая была установлена еще в октябре 2020 года. Она по-прежнему является самой низкой ценой среди всех видов моторного топлива.

«Мы заметили, что в средствах массовой информации начали появляться публикации о резком росте цен на газомоторное топливо, что часто вводит в заблуждение жителей нашей страны. Нужно чётко различать метан и пропан. Это разные виды топлива. Они отличаются по многим характеристикам: экономическим, экологическим и уровню безопасности», – обращает внимание генеральный директор компании «Газпром газомоторное

топливо» Тимур Соин.

«Газпром газомоторное топливо» намерена и впредь сохранять значительное рыночное конкурентное преимущество метана на сети АГНКС компании перед другими видами топлива.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>

## Льготы

В Башкирии ещё три года владельцы автомобилей, работающих на газомоторном топливе, будут платить только половину транспортного налога. Соответствующие изменения в закон рассмотрят депутаты Госсовета на ближайшем пленарном заседании.

Льгота в 50 % устанавливается на три года – с 2021 по 2023 год. Она будет касаться и физических лиц, и организаций, в парке которых есть грузовики на газомоторном топливе, и перевозчиков на регулярных маршрутах, владеющих автобусами на газе. Для получения льготы не нужно куда обращаться – она носит беззаявительный характер.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/posts/>



В Удмуртии действует субсидирование переоборудования автомобиля на газ в размере до 50 %. В 2019 году республика вошла в пилотный проект развития рынка газомоторного топлива. За это время в Удмуртию привлечено более 260 млн руб. инвестиций, в том числе из федерального бюджета, создано 24 новых рабочих места. В рамках программы к 2025 году число АГНКС в регионе вырастет до 25 единиц.

«Для автолюбителей использование природного газа позволяет сократить расходы на топливо практически в два раза. Кроме того, это благоприятно сказывается на экологической обстановке нашей республики», – объяснил в соцсетях важность создания АГНКС глава региона Александр Бречалов. В сообщении также говорится, что объём инвестиций в строительство составит 144 млн руб.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>

## Статистика

Обозначены перспективы роста потребления газомоторного топлива. Россия в обозримой перспективе может увеличить потребление газомоторного топлива (КПГ и СПГ) в 2,5 раза – с текущих 1 млрд кубометров до 2-2,5 млрд. Об этом сказал заместитель министра энергетики России Павел Сорокин, выступая на коллегии Минэнерго 12 апреля.

Заместитель министра также подчеркнул, что одним из основных стимулов к росту потребления может стать увеличение продаж СПГ, особенно в сегменте грузовых перевозок.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>

## Космическая техника

Метан – самое перспективное топливо для многоразовых ракет. В год 60-летия первого полёта человека в космос можно говорить о новых горизонтах в развитии космической и энергетической отрасли.

Применение СПГ в качестве ракетного топлива с большой вероятностью может стать новым мировым трендом. Роскосмос и ракетно-космический центр «Прогресс» ведут разработку проекта космического ракетного комплекса с новым ракетносителем «Амур». Носитель станет первой российской многоразовой ракетой на метане.

Метан не только экономически выгоден как топливо, но и перспективен благодаря практичности в применении. При сгорании сжиженного газа, в отличие от керосина, остаётся мало сажи. С метаном элементы двигателя реже придётся очищать от несгоревших остатков

топлива. Также высокая охлаждающая способность метана позволит убрать лишний нагрев двигателя во время работы.

Первый пуск нового носителя ожидается через шесть лет.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/>

## Топливные элементы

После того как Международная морская организация объявила о стратегии сокращения парникового газа до нуля к концу XXI века, по всему миру ужесточились правила охраны морской среды. В стратегии развития до 2050 года, разработанной в Японии, особое внимание уделяется повышению экологичности силовых установок, включая судовые, которые работают на безуглеродном топливе – водороде и аммиаке.

Yanmar, являясь мировым лидером в производстве силовых агрегатов для судостроения, стала одной из первых компаний, создавших двухтопливные судовые двигатели, которые соответствуют строгим экологическим нормам. Используя водородные топливные элементы MIRAI – гибридного автомобиля производства Toyota – Yanmar разработала систему топливных модулей для судов. Для проведения испытаний систему установили на прогулочный катер Yanmar EX38A FC.

Испытательный катер стал первым судном, которое полностью соответствует ведущим принципам безопасности судов на водородных топливных элементах. В будущем компания Yanmar намеревается объединить топливные модули для применения на судах большего водоизмещения. Завершить разработку планируется к 2025 году.



Прогулочный катер Yanmar EX38A FC



## Грузовик на водородных топливных элементах

Компании Ballard Power Systems (Канада) и Chart Industries Inc. (США) объединяют усилия и ресурсы для разработки и внедрения энергетических установок на базе водородных топливных элементов (ВТЭ) для грузовиков, автобусов, локомотивов и морских судов. Конструкторы должны создать комплекс оборудования, которое обеспечит тяжёлым транспортным средствам большую дальность перевозки, быструю заправку и минимальную стоимость владения.

Высокая энергетическая плотность, низкое давление хранения и простота заправки через крионасос делает сжиженный водород наиболее предпочтительным энергоносителем.

Компания Chart Industries Inc., основываясь на собственном богатом опыте, обеспечит водородную часть: доставка LH<sub>2</sub> от водородного терминала до транспортного средства, бортовые системы хранения, заправка водородом. Фирма Ballard разработает протон-обменные мембраны, блоки топливных элементов, интеграцию энергоустановки в грузовик. Кроме того, компания Ballard предоставит свои испытательные площадки в Канаде и Дании.



Заправка водородного грузовика



Грузовики-фургоны на ВТЭ

Компания Ballard имеет опыт создания водородных топливных элементов для грузовиков. Так, в 2017 году она поставила в Шанхай кассеты ТЭ FCvelocity®-9SSL для 500 городских грузовиков-фургонов Dongfeng (коммерческая нагрузка 3,2 т, объём кузова 15,7 м<sup>3</sup>). Опытная эксплуатация автомобилей проходила в 2017-2019 гг. За это время грузовики прошли более 5 млн километров.

---

Максимальный суммарный пробег одного грузовика составил 110 тыс. км. Среднесуточный пробег одной машины – более 150 км. В период пиковых нагрузок (праздничные дни) пробег превышал 400 км. Проведено 28 700 заправок водородом. Одна заправка водородом позволяет грузовику проехать 350 км. Время заправки составляет 10 минут. Водородная заправочная станция на 500 грузовиков занимает площадь 1590 м<sup>2</sup>.

Годовые выбросы CO снизились на 60 т. Учитывая изначальную задачу, а именно – добиться нулевых выбросов, хочется спросить: настолько ли хороша предлагаемая технология ВТЭ, если выбросы сократились на 60 т, а не до нуля?

Источники: <https://ngtnews.com>,  
<https://www.ballard.com>

## Развитие водородных технологий в США

Калифорнийская энергетическая комиссия (California Energy Commission – CEC) выбрала четыре проекта для выделения грантов в рамках программы демонстрации водородных топливных элементов (ВТЭ) для железнодорожного и морского транспорта. Бюджет выделяет на НИОКР в этой области 10,4 млн долл. Средства будут осваивать компания Golden Gate Zero Emission Marine Inc. (производитель судовых топливных элементов), Институт газовых технологий (Gas Technology Institute – GTI) и некоммерческая организация CALSTART. Южно-калифорнийская газовая компания (SoCalGas) присоединяется к этой программе за счёт своих средств в объёме 1,3 млн долл.

В рамках программы H2RAM (Hydrogen for Rail & Marine) будут созданы не только ВТЭ для судов и локомотивов, но и портовые водородные заправочные станции. Данная программа осуществляется параллельно с исполнением распоряжения губернатора Калифорнии о продаже, начиная с 2035 года, новых автомобилей и грузовиков исключительно с нулевыми выбросами.

Источник: <https://usgasvehicles.com/>

## Сжиженный биометан в Швеции

Швеция скрупулёзно выполняет предписания Евросоюза в области декарбонизации экономики. Среди прочего Брюссель установил, что содержание углекислого газа в отработавших газах двигателей тяжёлых автомобилей к 2025 году следует сократить на 15 % по сравнению с 2019-м. К 2030 году снижение должно составить уже 30 %. Стокгольм намерен перевыполнить обязательства и к 2030-му снизить содержание CO<sub>2</sub> на 70 % относительно 2019 года.

Чтобы выполнить эту амбициозную задачу, автоперевозчики намерены взять на вооружение сжиженный биометан, получаемый из возобновляемых видов сырья.

Шесть логистических компаний, являющихся клиентами крупнейшей транспортной компании Швеции MaserFrakt, провели опытную эксплуатацию грузовиков на сжиженном биометане. Экологические результаты устроили специалистов. Водители отметили незначительную разницу между дизельными и газовыми машинами и порадовались тому, что газовый тягач работает значительно тише. Главное же в том, что зафиксировано снижение расхода топлива с 2,7 до 2,59 кг на 10 км. Экономичность этого топлива также заключается в том, что при цене 1 кг сжиженного биометана 1,35 евро (120 руб.) стоимость потраченного топлива на 10 км поездки составляет 3,49 евро (310 руб.), что по шведским меркам – очень дешево.

По мнению шведских экспертов, за полный период эксплуатации биометановый грузовик выбросит в атмосферу на 90 % парниковых газов меньше, чем его дизельный аналог.





Грузовой автомобиль на сжиженном биометане

При этом подчёркивается, что классический СПГ даст только 20%-ное снижение вредного воздействия на природу. Причины такого феномена не объясняются.

Источники: <https://www.gnvmagazine.com>,  
<https://news.cision.com>

## Рынок ГМТ в Чехии

Чешская газовая ассоциация сообщила, что несмотря на пандемию коронавируса в 2020 году рынок КПП, СПГ и биометана в Чехии продолжал расти. Производство этих видов моторного топлива по сравнению с 2019 годом увеличилось на 1,8 %. Суммарное потребление газомоторного топлива достигло 93 млн кубометров. Из них 90,4 млн кубометров пришлось на КПП. Основным потребителем метана стали городские автобусы.

Природный газ всё чаще становится первым видом топлива для «озеленения» транспорта. Парк газовых автомобилей Чехии за 2020 год вырос на 10 % и превысил 27 700 единиц, что составляет 0,3 % от всех зарегистрированных автомобилей общего назначения. Число газовых грузовиков на СПГ за год увеличилось с пяти до 26. Ожидается, что в 2021 году транспортники закупят ещё минимум 20 машин.

Соответственно, сеть заправок СПГ вырастет с двух до 20 станций общего доступа. В 2020 году введены в эксплуатацию 14 новых АГНКС. Национальная сеть заправок КПП теперь насчитывает 219 станций.

За счёт увеличения акциза на природный газ для транспорта с 0,055 до 0,11 евро цена на заправках выросла до 0,98 евро/кг, но всё равно остаётся меньше цены бензина, которая составляет 1,15 евро/л. Средняя цена дизельного топлива – 1,10 евро/л (после снижения акциза на 0,38 евро), СУГ – 0,51 евро/л.

Источники: <https://www.gnvmagazine.com>,  
<https://cz.fuelo.net>,  
<http://cngeurope.com>



## Первый индийский трактор на КПГ

В Индии торжественно введён в эксплуатацию первый (очевидно, опытный) газодизельный трактор, собранный компанией Rawmatt Techno Solutions и индийским филиалом известной итальянской фирмы Tomasetto Achille. Выступая на церемонии, министр дорожного транспорта и автомобильных дорог Индии Нитин Гадкари (Nitin Gadkari) подчеркнул, что главная цель внедрения газовых тракторов заключается в том, чтобы позволить фермеру экономить на топливе примерно 1500 долл. США в год. Это в свою очередь будет способствовать повышению качества жизни крестьян.



Газодизельный трактор

Экологические преимущества КПГ тоже берутся в расчёт, но, как видно, не являются главным мотивом для газификации техники. Рассказывая о преимуществах природного газа, министр Гадкари особо подчеркнул высокую безопасность баллонов для КПГ. Также было отмечено, что фермеры могут сами получать биометан из органических отходов сельскохозяйственного производства.

Чтобы оценить приверженность министра делу метанизации тракторов, нужно знать, что на газ перевели его личный трактор, купленный в 2012 году.

Источники: <https://www.gnvmagazine.com>,  
<https://www.indiatoday.in>, <https://www.india.com>

## Вино с метаном

В 2025 году будет открыта первая в мире бутылка «метанового» итальянского вина Barolo. Виноград для этого вина созрел в окрестностях городка Бароло (провинция Пьемонт, Италия). Виноградники были разбиты первым королём Италии Витторио Эммануэле II в честь Розы Варчеллана – прекрасной Розины, графини Мирафьори и Фонтанафредда. Она была сначала возлюбленной, а позже женой короля.

Виноградники общей площадью 120 акров на высоте 250-420 метров над уровнем моря



Трактор на биометане

ежегодно приносят пять тонн винограда. Вино Barolo крепостью минимум 12,5° выдерживают минимально 3 года, а класса Riserva – пять лет. В Италии его называют «Королём вин» или «Вином королей». Наверное, поэтому в Москве можно приобрести бутылочку красного Barolo (АОС) по цене от 6000 до 260 000 рублей.

С метаном первую партию этого вина связывает биометан, на котором работают тракторы на знаменитых виноградниках. Биометан, кстати, получают тут же. Благо, органического сырья для этого тут более чем достаточно. Специалисты виноградника Fontanafredda совместно с компанией Fiat Powertrain Technologies (FPT) создали модификацию виноградарского трактора, имеющего почти нулевые выбросы. Партнёры сосредоточились не на глобальной задаче «озеленения» двигателей, а на конкретной локальной цели: создать чистый трактор для своего сектора сельского хозяйства. В пользу такого подхода говорит также и то, что на практике реализована концепция топливной самодостаточности замкнутого цикла: топливо используют для получения продукции, из отходов переработки которой снова получают топливо.

Гусеничный трактор New Holland TK Methane Power (их на винограднике сейчас два) оснащён компактным экологически чистым газовым двигателем FPT Industrial F28, который получил титул «Двигатель 2020 года».

Стехиометрический впрысковый четырёхцилиндровый двигатель объёмом 2,8 л развивает мощность 75 л.с. (55 кВт) с крутящим моментом 330 Н·м. Он является универсальным, поскольку может работать на дизельном топливе или природном газе и готов к гибридации. Двигатель оборудован трёхступенчатым каталитическим нейтрализатором. Кажется, есть повод для Минсельхоза России, Россельхозбанка, Росагролизинга взять этот опыт на вооружение.

Источники: <https://agriculture.newholland.com>; <https://www.gnvmagazine.com>;  
<https://media.cnhindustrial.com>; <https://simplewine.ru>; <https://www.fontanafredda.it>

*Информационный обзор по материалам зарубежных СМИ  
подготовил Е.Н. Пронин*



## Городской транспорт на водороде

*Австрийская компания Worthington Industries (входит в группу компаний Worthington Industries Inc.) – лидер в производстве облегчённых газовых баллонов первого, второго, третьего и четвертого типов. Она на практике помогает европейским городам внедрять экологически чистые технологии, в частности, водородные автобусы для общественного транспорта.*

Стремясь продвинуть современный экологически чистый общественный транспорт, консорциум транспортных компаний Нидерландов и Германии при активном содействии Worthington Industries в течение долгого времени разрабатывал и воплощал в жизнь идею по созданию электрических автобусов, работающих на водородных топливных элементах (ТЭ).

Топливные элементы вместе с электродвигателями, NMC-батареями и пр. составляют основу системы привода, а автобусы приводятся в движение электромоторами. Водород (H<sub>2</sub>) преобразуется в электричество в топливном элементе, при этом выделяется только водяной пар, в то время как батареи поддерживают привод, если это необходимо на пиковых нагрузках.

В рамках крупнейшего в Европе заказа на водородные автобусы немецкий город Вупперталь ввёл в эксплуатацию партию новой пассажирской техники до конца июня 2020 года. Эта работа осуществлялась в соответствии с требованиями местного правительства, согласно которым все автобусы должны быть переведены на энергопотребление с нулевыми выбросами не позднее 2035 года.

В 2018 году Вупперталь объединил усилия с соседним городом Кёльн, чтобы укрепить свою совокупную покупательную способность, и совместно они заказали 40 ультрасовременных автобусов с водородными ТЭ у бельгийского производителя Van Hool NV. Эта бельгийская компания производит автобусы на топливных элементах для американского рынка с 2005 года, а для европейского – с 2007 года. Выбор городского правительства Вупперталь остановился на модели двухосных автобусов Van Hool A330, длина которых составляет около 12 метров. Каждый из них может вместить до 75 пассажиров.

Worthington Industries является поставщиком топливной системы, собранной из композитных баллонов высокого давления третьего типа. В баллонах хранится достаточно сжатого газообразного водорода для запаса хода более 350 км. Каждый автобус снабжён смонтированной на крыше рамой, вмещающей пять лёгких композитных баллонов длиной 3 метра. Баллоны третьего типа состоят из бесшовного алюминиевого лайнера, полностью обёрнутого высококачественным углепластиковым волокном с эпоксидной смолой. Совокупно эти баллоны могут



вместить 38 кг газообразного водорода при рабочем давлении 35 МПа. Впрочем, каждый заказ индивидуален и готовится по техническим требованиям заказчика, соответствующим конкретной модели транспортного средства.

Со слов Андреаса Мейера, главы немецкой транспортной компании Technik Bus, запуск этого парка водородных автобусов ознаменовал собой начало широкомасштабного внедрения водородных технологий не только в Германии, но и по всему миру. По словам Мейера, чисто электрические автобусы не обеспечивают такой же запас хода при работе в холмистом Вуппертале. Автомобили, работающие на водородном топливе, обходятся в эксплуатации дешевле, чем автомобили с аккумуляторами, на которые действуют дневные и пиковые тарифы цен на электроэнергию. Водород также хорошо работает применительно к большим автобусам в междугородном сообщении и к грузовикам.

Город Вупперталь поддерживает производство водородных автобусов постоянным строительством новых водородных заправочных станций. Одним из ключевых моментов рентабельности таких инвестиций является увеличение числа водородных автобусов до 20, а лучше до 30 ед. – чем больше автобусов на водороде в стране, тем выше рентабельность водородных заправок.

Заменив дизельные двигатели водородными топливными элементами, помимо экономии финансовых ресурсов, город может «сэкономить» почти 700 тонн CO<sub>2</sub>. В свете международных соглашений по защите климата учёт углеродного следа каждого из перспективных технических решений становится сейчас весьма актуальным.

– Автобусы и большегрузные автомобили являются авангардом рынка водородных транспортных средств и проложат путь для



Водородные автобусы с бортовыми системами заправки Worthington Industries

---

внедрения водородной технологии на рынке легковых автомобилей в будущем, – сказал Радиша Нунич, директор Worthington по продажам в Европе бортовых заправочных систем для альтернативных видов топлива.

Поэтому Worthington расширяет свои производственные мощности. Прошлым летом в Австрии открылось новое современное предприятие по производству композитных баллонов, направленное на увеличение уже имеющихся производственных мощностей, аналогичное заводу, находящемуся в Польше.

Граничащие с Германией Нидерланды не отстают от своего соседа. Транспортная компания Keolis Nederland, обслуживающая автобусы и пассажирские поезда в Нидерландах, осенью 2018 года получила финансирование от местных властей на тестовый ввод в эксплуатацию двух автобусов с водородными ТЭ (один из которых был оснащён Worthington), арендованных ею у компании ZETT B.V., базирующейся в Арнеме. ZETT сдала автомобили Keolis в аренду по фиксированной цене за километр, включая техническое обслуживание и потребление водорода. Демонстрационный проект длился почти два года в голландской провинции Гелдерланд.

Высокоэффективные топливные водородные элементы позволили демонстрационным автобусам использовать всего 6,1 кг топлива на 100 км пути – такое потребление водорода на 30 % ниже, чем у конкурирующих систем. Компания HyMove (занимающаяся разработкой автобусов и грузовиков тяжёлого класса, работающих на ТЭ) выступила в качестве поставщика водородных топливных элементов, оснащенных композитными баллонами Worthington Industries. Со слов Тео Хендрикса, генерального директора HyMove, этот проект дал настолько впечатляющие результаты, что лица, принимающие решение, захотели воплотить его в более широком масштабе.

Большой запас хода водородных автобусов и короткое время заправки делают их способными в дальнейшем заменить оставшиеся автобусы, работающие на дизельном топливе или природном газе (метан).

Водородные автобусы курсируют теперь ежедневно на городских и региональных автобусных линиях, проходя расстояние от 270 до 440 км в день со средней скоростью 50 км/ч, а стоимость их обслуживания составляет 0,25 евро/км, что примерно на том же уровне, что и у автобусов, работающих на дизельном топливе. Такие результаты возможны благодаря низкому расходу топлива и невысоким затратам на техническое обслуживание. В качестве дополнительного бонуса пассажиры находят поездку чрезвычайно комфортной, тихой, а водители ценят удобство управления транспортным средством.

За последнее десятилетие компания HyMove, развивая рынок производства топливных элементов, решила сосредоточиться на производстве водородных ТЭ исключительно для автобусов и грузовиков большой грузоподъемности.

– Нам требуется долговечность, эффективность и самый долгий срок службы, чтобы снизить эксплуатационные расходы, – сказал Хендрикс. – Если вы хотите быть лучшими в своём сегменте, вам нужны лучшие партнёры на своём уровне, и именно поэтому мы работаем с Worthington.





Автобусы на водородных топливных элементах HyMove на станции Апельдорн в Гелдерланде (Нидерланды). Автобус слева оснащён бортовыми заправочными системами Worthington

Главная цель компании Worthington содействовать продвижению альтернативных видов топлива – природного газа и водорода как экологически чистых технологий – с акцентом на коммерческие автомобили и автобусы, а также развитию необходимой инфраструктуры для их заправки. Для реализации этой цели компания производит широкий ассортимент водородных баллонов. Это баллоны первого типа с рабочим давлением 40 и 50 МПа для блоков аккумуляторов газа, применяемых на наполнительных станциях, а также баллоны третьего типа с рабочим давлением 30 МПа для транспортировки водорода и с рабочим давлением 35 МПа для установки на водородные автобусы и грузовые автомобили.

Рынок альтернативного топлива развивается бурными темпами в странах Европейского Союза. Россия вне всякого сомнения будет развивать рынок использования водорода вслед за явными успехами в области применения на транспорте природного газа.

Официальным складским дистрибьютором Worthington Industries в Российской Федерации и странах СНГ является компания Мониторинг Вентиль и Фитинг (MV&F), которая вовлечена в создание инфраструктуры для применения альтернативных топлив на транспорте. Специалисты компании MV&F всегда окажут содействие в вопросах выбора качественных изделий, а также помощь в создании сети заправок КПП и СПГ и водородных автомобильных станций.

**Материал подготовлен специалистами компании  
Worthington Industries (Австрия).**

**Перевод Екатерины Левитской,  
менеджера по продаже продуктов под технические газы**





# Обзор рынка электротранспорта в Европе

## Оценка перспектив развития электрозарядной инфраструктуры в интересах российских компаний

**С.А. Колин,**  
руководитель Проблемного совета  
«Альтернативные виды топлива»  
Международной академии наук экологии  
и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ),  
к.т.н.

**Ф.Р. Казанцев,**  
главный эксперт департамента  
международного сотрудничества  
ПАО «Россети»

В данной статье проводится краткий обзор состояния и тенденций рынка электротранспорта в мире и в Европе. Показан потенциал развития в Европе, в том числе в ведущих странах. Исследуются основные виды зарядных станций для электротранспорта, а также приводятся основные стоимостные показатели для типовых станций, представляющих интерес в настоящее время. В работе предлагается рассмотреть развитие транспортной инфраструктуры в сочетании с наращиванием экспортного потенциала российского природного газа (за счёт применения толлинговых инструментов).

В настоящее время в мире наблюдаются тенденции внедрения новых видов транспорта, использующих альтернативное топливо для замены бензина и дизеля. Данные процессы связаны преимущественно с экологической повесткой, а также с национальными задачами повышения энергетической безопасности, являющимися особенно актуальными для стран с низким уровнем запасов традиционных энергетических ресурсов (газ, нефть). Такие страны желают снизить объёмы импорта энергии, используя в качестве одного из главных инструментов генерацию на основе возобновляемых источников энергии. Так, согласно энергетической стратегии Европейского Союза, до 2030 года одной из основных задач является снижение выбросов парниковых газов минимум на 40 % по сравнению с 1990 годом [1]. Сектор транспорта рассматривается как один из важнейших для достижения указанной цели. Одним из перспективных видов альтернативного транспорта являются автомобили на электрическом двигателе (электромобили).

Изучение состояния и тенденций этого сектора рынка в мире и в Европе (рис. 1) позволит дать оценку возможностей по внедрению новых объектов инфраструктуры для зарядки электротранспорта в этом регионе, а также сделать вывод о потенциале дополнительной реализации российского природного газа в европейских странах в сфере генерации электроэнергии для снабжения электрозарядной инфраструктуры. Данная тематика приобретает особую значимость в случае реализации проектов по строительству электрозарядных станций российскими

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

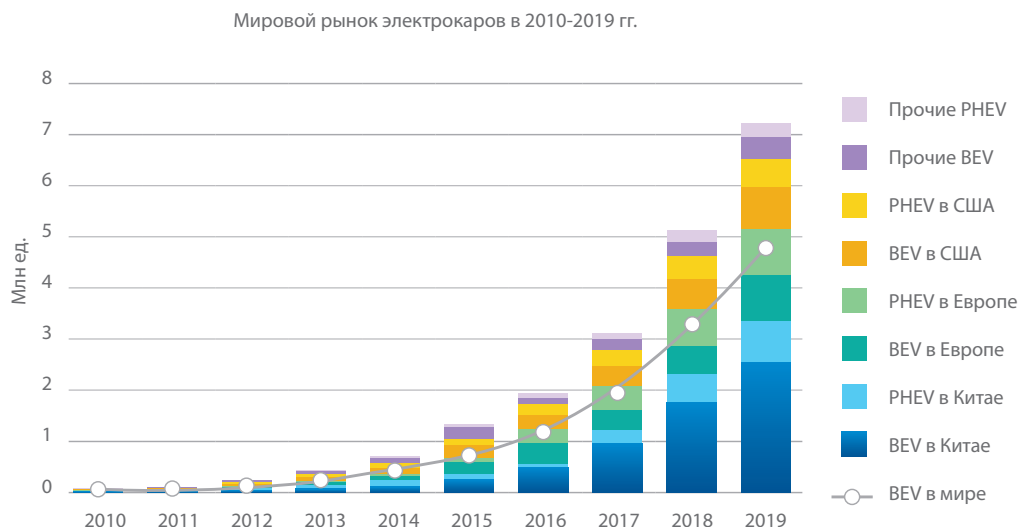
электромобиль, электро-транспорт, рынок, зарядные станции, толлинг<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Толлинг (от англ. toll «пошлина») – переработка иностранного сырья с последующим вывозом готовой продукции.

компаниями и организации производства электроэнергии на основе толлинговых схем между российскими и европейскими энергогенерирующими компаниями.

РИС. 1

Динамика объёма автопарка электрического транспорта<sup>2</sup> в мире с 2010 по 2019 г. [2]



За последние 10 лет в мире наблюдается стремительный рост автопарка электромобилей, причём с 2015 года данная динамика резко усилилась. В 2019 году общее количество автопарка составило 7,2 млн единиц.

Согласно прогнозным сценариям международного энергетического агентства (МЭА), опубликованным в мировом обзоре от 2020 года (Global EV Outlook 2020), к 2030 году общий объём автопарка для электротранспорта достигнет 140...245 млн автомобилей. Как следствие, согласно консервативному сценарию, прогнозируется рост потребности в электроэнергии в мире с 80 млрд кВт·ч в 2019 году до 550 млрд кВт·ч к 2030 году [2], для генерации которой потребуются порядка 100 млрд кубометров природного газа (метан) без учёта возобновляемых источников энергии (ВИЭ), или 65 млрд кубометров с учётом ВИЭ в тепловых электростанциях с использованием парогазовых установок с КПД 50...55 % [3].

Количество продаж новых электромобилей в мире также растёт и в 2019 году составило в Европе более 500 тыс. единиц. Лидерами на европейском рынке являются пять стран – Германия, Норвегия, Великобритания, Нидерланды и Франция.

Наряду с ростом объёма автопарка рост зарядных станций для электромобилей (ЭЗС) в мире достиг в 2019 году порядка 7 млн публичных и частных ЭЗС (рис. 2). Основную долю составляют частные зарядные станции. Количество станций публичного размещения в том же году составило 862 тыс. единиц.

Прогноз развития электроразрядной инфраструктуры в мире показывает, что в 2030 году объём ЭЗС публичного размещения составит порядка 11 млн ед. (согласно консервативному сценарию) с соответствующим ростом потребности в электроэнергии в размере до 65 млрд кВт·ч и совокупной установленной мощностью – 120 ГВт.

При этом следует отметить, что несмотря на вышеуказанные прогнозы и планы развития рост электромобильного рынка в мире сопряжён

<sup>2</sup> BEV – электрокары с аккумуляторным питанием; PHEV – электрокары гибридные.



**РИС. 2**

Динамика количества электроразрядной инфраструктуры в мире с 2013 по 2019 г. (а); прогноз количества публичных электроразрядных станций (медленные и быстрые) в мире к 2030 г. (б) [2]

с существенными трудностями. Загруженность ЭЗС в настоящее время остаётся невысокой и составляет порядка 25...30 % [2], что показывает значительный уровень их простоя в эксплуатации. Это увеличивает стоимость станции на единицу выработанной электроэнергии. Кроме этого, время зарядки одного автомобиля гораздо выше, чем на заправочных станциях для традиционного транспорта на бензине и дизеле (АЗС), что является барьером для осуществления длительных поездок на электромобиле наряду с ограниченной энергоёмкостью аккумуляторных батарей.

В Европе также намечены тенденции по развитию рынка электромобилей в связи с упомянутой выше энергетической стратегией. Разумеется, так как данный рынок находится на начальном этапе и в связи с вышеуказанными трудностями его развитие стимулируется на государственном уровне. Основными инструментами государственной поддержки являются освобождение автомобилистов от налогов и сборов и предоставление субсидий (премиальные выплаты для покупателей электромобилей). В Норвегии, например, электромобили освобождены от достаточно высокого налога на импорт. Кроме того, на такие машины не распространяется НДС. В Германии с 2016 года на приобретение электромобилей до определённой стоимости действует фиксированная скидка до 4 тыс. евро (2000 евро от государства и ещё столько же от автопроизводителя), также электромобили освобождены от уплаты транспортного налога на 10 лет после покупки. Во Франции автовладельцы электромобилей освобождены от оплаты экологического сбора, который рассчитывается от объёма выбросов углекислого газа автомобилями, и могут получить 6000 евро экологического бонуса.

Описанные механизмы государственной поддержки оказывают существенное влияние на планы развития рынка электротранспорта в странах-лидерах отрасли и в других европейских странах до 2030 года.

В Италии национальный план по энергетике и экологии включает электротранспорт и транспорт на водороде как основной из инструментов развития энергетики страны в части снижения выбросов парниковых газов к 2030 году. В соответствии с вышеуказанным планом в стране планируется создание автопарка электромобилей численностью порядка 6 млн единиц к 2030 году, при этом в стране зарегистрирован существенный рост в продажах в 2019 году в сравнении с 2018-м. Это связано с введением субсидии на электромобили в 2019 году (4-6 тыс. евро за автомобиль).



В Германии вышла Программа мероприятий по климату, согласно которой к 2030 году объём автопарка электротранспорта запланирован до 7...10 млн единиц в связи с задачей снизить выбросы CO<sub>2</sub> в транспортном секторе на 40...42 %.

Во Франции в 2019 году количество публичных ЭЗС составило около 29,7 тыс. и число электромобилей 250 тыс. (143 млн кВт·ч). К 2030 году планируется рост объёма автопарка до 4,8 млн единиц и количества ЭЗС до 300 тыс. Величина субсидий на автомобиль – аналогична применяемой в Германии.

В ЕС в 2019 году объём автопарка составил почти 1 млн автомобилей, количество публичных ЭЗС – порядка 200 тыс. К 2030 году планируется 35 млн автомобилей и 2 млн ЭЗС [4], требующих порядка 20 млрд кВт·ч электроэнергии и 3,65 млрд кубометров природного газа<sup>3</sup>. В основе прогноза – гипотеза о росте количества электротранспорта на одну ЭЗС с текущих 7,4 ед. до 15 в 2030 году.

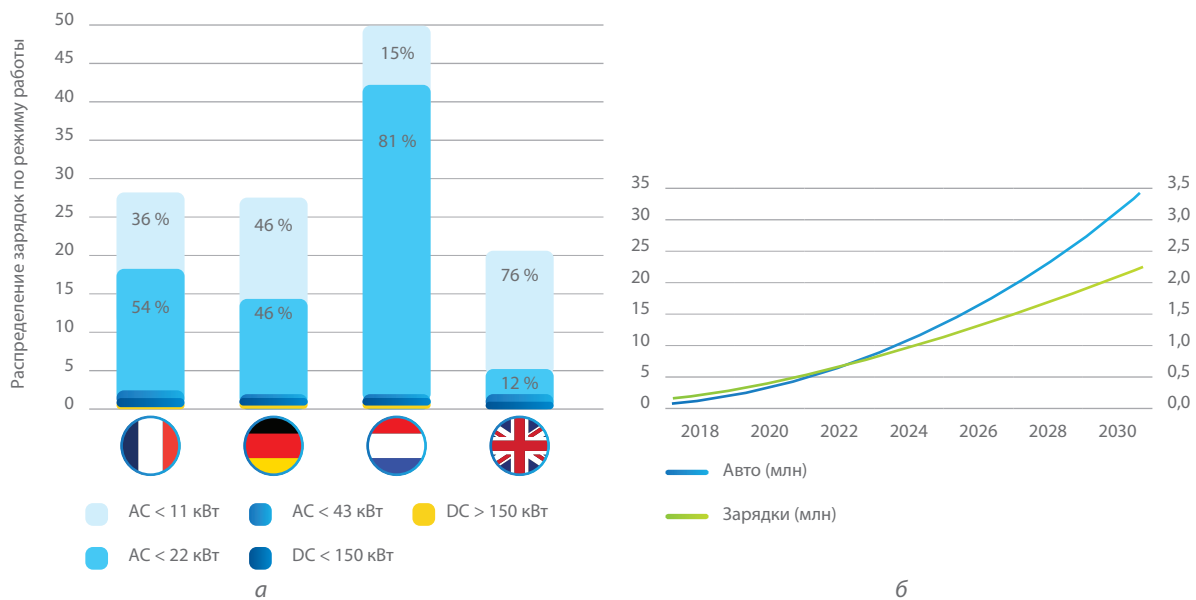
Существуют различные виды зарядной инфраструктуры для электротранспорта, позволяющие производить зарядку автомобилей с разной скоростью и эффективностью. ЭЗС осуществляют зарядку в режиме переменного или постоянного тока. При переменном токе мощности более низкие и находятся в диапазоне 3...40 кВт – зарядные станции с таким уровнем мощности называются медленными и быстрыми. При постоянном токе мощности высокие и находятся в диапазоне 50...150 кВт – такие зарядные станции называются ультрабыстрыми. Чем больше мощность ЭЗС, тем меньше времени требуется для заправки автомобиля, что является основным условием для осуществления длительных поездок. Соответственно рост спроса на электромобили зависит, в частности, и от роста количества ультрабыстрых зарядок.

На сегодняшний день в лидирующих странах ЕС (рис. 3) по развитию рынка электротранспорта распространены ЭЗС мощностью до 22 кВт (их доля более 80 %). Время зарядки на таких ЭЗС составляет от 4 до 8 часов с учётом ёмкости батареи автомобиля, равной 100 кВт·ч, и того, что уровень заряда достигает 80 %. ЭЗС с более высокой мощностью на сегодня составляют очень малую долю в общем объёме зарядных станций в странах Евросоюза, что не позволяет использовать такой транспорт на длительные расстояния. ЭЗС мощностью более 350 кВт позволяют зарядить автомобиль примерно за 25 мин.

В Германии в 2019 году автопарк насчитывал более 250 тыс. электромобилей, количество ЭЗС – более 35 тыс. При этом рост произошёл фактически с нуля в 2012 году, особо интенсивно проявляясь с 2017 по 2019 год (150 % – для автопарка, 50 % – для ЭЗС) [2]. К 2030 году прогнозируется более 7 млн электромобилей и 500 тыс. ЭЗС. При таких целевых показателях это соответствует среднему ежегодному росту ЭЗС в объёме 45...50 тыс. (в среднем около 20 % в год), для эксплуатации которых потребуется порядка 4 млрд кВт·ч, соответствующих 0,5...0,73 млрд кубометров природного газа.

Переходя к изучению экономических аспектов электроразрядной инфраструктуры, наблюдаем, что совокупные капитальные затраты на создание станции включают в основном стоимость оборудования, строительно-монтажные и пусконаладочные работы (сюда относятся подготовительные работы на площадке, установка оборудования

<sup>3</sup> Оценка объёма электроэнергии получена исходя из соотношения объёма автопарка и электроэнергии согласно консервативному прогнозному сценарию в мире до 2030 года по данным МЭА.



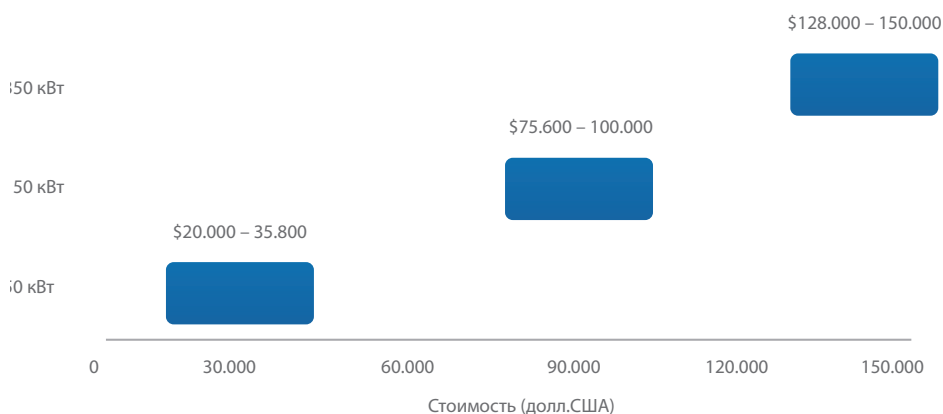
**РИС. 3**

Состав ЭЭС (переменного и постоянного тока) в ЕС по режимам зарядки (а); прогноз ЭЭС и электромобилей в ЕС к 2030 году (б) [4]

и ввод в эксплуатацию зарядной станции) и работы по подключению к сети [5]. Большая часть в общей стоимости приходится на оборудование (60...80%). При этом рядом экспертов прогнозируется, что стоимость оборудования будет снижаться к 2030 году в связи с внедрением более эффективных технологий. Стоимость остальных составляющих в дальнейшем целесообразно считать постоянной в сравнении с оборудованием, однако она может отличаться в зависимости от географии и других условий проектов.

Стоимость ультрабыстрых зарядок зависит преимущественно от мощности зарядной станции и применяемой технологии, а также от набора предоставляемых услуг, типов приборов учёта, наличия и состава элементов интеллектуального управления. Диапазоны стоимости составляют порядка 20...35,8 тыс. долл. США для электростанций мощностью 50 кВт, 75,6...100 тыс. долл. для ЭЭС мощностью 150 кВт и 128...150 тыс. для ЭЭС мощностью 350 кВт (рис. 4).

Ниже в таблице приводятся стоимостные данные типовой электрозарядной станции постоянного тока мощностью 50 кВт. Выбор такого типа станции обоснован тем, что в настоящее время одним из основных направлений в стратегии развития электротранспортной инфраструктуры является внедрение большего количества ультрабыстрых станций [7], и данная типология станций может учитываться на сегодня как базовая для изучения проектов в сфере рынка электромобилей [8].



**РИС. 4**

Диапазоны стоимости оборудования ультрабыстрых ЭЭС в зависимости от мощности [6]

Как видно из таблицы, стоимость оборудования составляет 78 % от совокупных затрат, стоимость же подключения к сети зависит от тарифов на подключение в странах и наличия необходимой мощности в сетях рядом с площадкой строительства зарядной станции.

**ТАБЛИЦА**

Основные стоимостные показатели на примере ЭЭС постоянного тока мощностью 50 кВт

Параметр	Значение	Ед. измерения
CAPEX – зарядная станция, 50 кВт	42 000	Евро
оборудование	33 000	Евро
строительно-монтажные работы	5 000	Евро
подключение к сети	4 000	Евро
Коэффициент загрузки	30	%
Цена зарядки, минимальная за пробег	2	Евро/100 км
Цена зарядки, максимальная за пробег	5	Евро/100 км
Цена зарядки, минимальная за кВт	0,1	Евро/кВт·ч
Цена зарядки, максимальная за кВт	0,25	Евро/кВт·ч
Стоимость покупаемой электроэнергии	80	Евро/кВт·ч
Потребление электроэнергии, в год	131,4	МВт·ч
Потребление природного газа, в год	24	Тыс. н.м <sup>3</sup>

Источник [7, 9]

Кроме того, анализ различных аналитических обзоров показывает, что при росте числа зарядок на одной площадке наблюдается снижение стоимости установки одной зарядки. Таким образом очевиден эффект масштаба.

На одной площадке рационально установить, как минимум, четыре зарядки в качестве пилотного проекта. Тогда с учётом экономии от эффекта масштаба в размере порядка 25 % [6] вышеуказанная стоимость (CAPEX) составит 163 тыс. евро. На питание данной установки при загрузке в 30 % потребуется примерно 530 тыс. кВт·ч электроэнергии в год (без учёта потерь электроэнергии в сети от электрогенерирующей станции до ЭЭС). Для производства данного объёма в случае тепловой генерации на основе метана необходимо порядка 96 тыс. н.м<sup>3</sup>. Стоимость электроэнергии основана на статистике за ближайшие несколько лет касательно покупателей оптового рынка Германии с классификацией по объёмам потребления<sup>4</sup>.

Поставка газа для нужд электрочарядной инфраструктуры может реализовываться путём организации генерации электроэнергии на основе применения толлинговых схем взаимодействия с местными компаниями, производящими электроэнергию. Принцип такой схемы давно известен и используется в различных отраслях (нефтехимия, металлургия, энергетика и др.).

Суть толлинговой схемы заключается в таком взаимоотношении между хозяйствующими субъектами, при котором владелец сырья передаёт его для переработки предприятию, в результате чего получает

<sup>4</sup> <https://www.cleanenergywire.org/industrial-power-prices-and-energieverde>.



---

готовую продукцию и возмещает издержки по переработке и некоторый процент дохода (премия за производство<sup>5</sup>). При этом заключается договор, где право собственности на сырьё и готовую продукцию оставляет за собой толлингер (владелец сырья).

В энергетике данный вид контрактов долгое время существует наряду с традиционными договорами о закупке электроэнергии (PPAs), впервые он был разработан в нефтехимической промышленности (в секторе переработки сырой нефти). В электроэнергетическом секторе толлинговые схемы торговых взаимоотношений использовались в странах, которые первыми либерализовали внутренние рынки электроэнергии и газа: в США, Великобритании, а затем в Испании и Италии [10].

В толлинговой схеме поставщик сырья может получить электроэнергию при отсутствии собственных мощностей на её производство в определённой стране, оплачивая только стоимость её производства вместо того, чтобы покупать электроэнергию на рынке. Производитель, с другой стороны, может получить преимущество, повышая уровень загрузки мощностей предприятия без необходимости покупки или добычи сырья и поиска сбыта электроэнергии.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что развитие электротранспорта представляет определённый интерес и обладает значительным потенциалом для расширения использования природного газа, что соответствует плану Европейского Союза по развитию энергетики.

---

## Использованные источники

1. European Energy Transition 2030: The Big Picture, Agora Energiewende, 03.2019.
2. Global EV Outlook 2020.
3. Ольховский Г.Г., Тумановский А.Г. Теплоэнергетические технологии в период до 2030 г. // Известия РАН. Энергетика. – 2008. – С. 79-94.
4. EV Charging Infrastructure in Europe Market Insights, 2020 (Proventis Partners).
5. J. Serradilla, J. Wardlea, P. Blythea, J. Gibbonc. An evidence-based approach for investment in rapid-charging infrastructure // Energy Policy. –2017. – №106. – P. 514-524.
6. C. Nelder, E. Rogers. Reducing EV charging infrastructure costs. – Rocky Mountain Institute, 2019.
7. Innovation Outlook Smart Charging for electric vehicles, 2019, IRENA. – P. 48.
8. J. Levy, I. Riu, C. Zoi. The Costs of EV Fast Charging Infrastructure and Economic Benefits to Rapid Scale-Up, 2020.
9. J. Markkula, A. Rautiainen, P. Järventausta. The business case of electric vehicle quick charging – no more chicken or egg problem // World Electric Vehicle Journal. – 2013. – Vol. 6. – P. 921-927.
10. E.R. Yescombe. Public Private Partnerships, Principle of Policy and Finance, 2007.

<sup>5</sup> По-английски «tolling fee».



# Анализ состава жидкого остатка криогенного продукта для изохорной многокомпонентной парожидкостной системы

**И.С. Медведков,**  
старший научный сотрудник,  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

При перевозке криогенных продуктов в емкостном неизотермическом оборудовании может быть принято допущение равновесного сосуществования паровой и жидкой фаз. При перевозке многокомпонентных продуктов, таких как сжиженный природный газ, указанное условие позволяет применить ряд упрощённых методик для оценки компонентных составов фаз и восстановления ряда неизвестных параметров парожидкостной системы.

В работе показана методика восстановления состава жидкой фазы на основе данных о составе паровой фазы. Приведены оценка погрешности представленной методики и способы повышения точности на основе ранжирования результатов расчёта.

С практической точки зрения работа может быть интересна для организаций, эксплуатирующих и производящих криогенные бортовые топливные системы на сжиженном природном газе, а также для организаций, занимающихся сбытом криогенного топлива, – в частности для восстановления состава жидкости по составу паровой фазы в том случае, если необходимо установить причины выхода из строя автотранспортного средства, отсеяв или подтвердив предположение о низком качестве топлива. Однако приведённые расчётные зависимости и методы могут быть без труда распространены на смежные области и аналогичные задачи, связанные с обращением других многокомпонентных и многофазных продуктов и агентов, например, в холодильной технике.

## Допущение о равновесности парожидкостной системы

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

сжиженный природный газ (СПГ), криогенные бортовые топливные системы (КБТС), криогенный продукт, парожидкостная среда, криогенные резервуары.

В настоящей статье рассматриваются изохорные (постоянного объёма) парожидкостные системы, в которых фазы и химические компоненты находятся в равновесном состоянии. К классу задач, связанных с изохорными парожидкостными системами, относятся такие встречающиеся на практике процессы, как хранение криогенного продукта в резервуаре, транспортировка, хранение с отбором, наполнение резервуара, сброс паров и др. В общем случае парожидкостная

система в резервуарах находится в стратифицированном неравновесном состоянии. Однако во время транспортировки осуществляется процесс перемешивания паровой и жидкой фаз, и система приближается к равновесному состоянию. Дальнейшие выкладки сделаны исходя из допущения о существовании равновесия в рассматриваемой изохорной парожидкостной системе. Справедливость данного допущения должна быть подтверждена натурными экспериментами. В настоящей статье, анализ предлагаемого метода сделан на примерах, связанных с транспортировкой и хранением сжиженного природного газа (СПГ). В этой связи при осуществлении расчётов было использовано специализированное уравнение состояния на базе аппроксимации безразмерной свободной энергии Гельмгольца, хорошо описывающее многокомпонентные двухфазные смеси углеводородов [1, 2] (GERG 2008).

Состояние равновесной парожидкостной системы может быть описано температурой, давлением и составом одной из фаз. По этим известным характеристикам может быть описано состояние всей равновесной парожидкостной системы, в том числе могут быть восстановлены данные по составу фаз, массе жидкости и пара. По известным значениям температуры, давления и содержанию компонентов в паровой фазе может быть однозначно определён состав жидкой фазы. По известным значениям долей компонентов в жидкой и паровой фазах, давления и температуры системы можно перейти к определению паросодержания в системе. Для этого должна быть решена система уравнений (1):

$$\left. \begin{aligned} T &= f(P, X, n) \\ n &= X \cdot y + (1 - X) \cdot x \\ v &= \frac{V}{M} = g(P, T, x, y, X) \\ M_{LV} &= \frac{V}{v} = M_L + M_V \\ M_L &= (1 - X) \cdot M_{LV} \\ M_V &= X \cdot M_{LV} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где  $n$  – компонентный состав парожидкостной системы;  $x$  – компонентный состав жидкости;  $y$  – компонентный состав паровой фазы;  $V$  – объём парожидкостной системы, м<sup>3</sup>;  $T$  – температура парожидкостной системы, К;  $P$  – давление парожидкостной системы, МПа;  $X$  – паросодержание парожидкостной системы, б.р.;  $v$  – удельный объём системы, кг/м<sup>3</sup>;  $M_{LV}$  – масса вещества в парожидкостной системе, кг;  $M_L$  – масса вещества в жидкой фазе, кг;  $M_V$  – масса вещества в паровой фазе, кг;  $f(P, X, n)$  и  $g(P, T, x, y, X)$  – функции, связанные с уравнением состояния многокомпонентных смесей, позволяющие однозначно определить искомые термодинамические параметры по заданным исходным значениям.

Таким образом, решение системы уравнений (1) позволит не только получить недостающие значения концентраций и паросодержания, но и перейти к определению массы (количество) жидкости и пара в системе. При определении массы жидкости и пара по системе уравнений (1) будет получено множество равнозначных комбинации значений  $n$ ,  $X$ . Полученное множество должно быть отфильтровано на



основании некоторых дополнительных критериев. Одним из таких критериев может быть показатель уровня жидкости в криогенном резервуаре или суммарная масса парожидкостной среды, находящейся в резервуаре.

Для многокомпонентной системы решение получается не таким тривиальным, особенно в областях, где температура смеси оказывается выше критической температуры одного или нескольких компонентов смеси. Поэтому корректность и сходимость решения системы уравнений (1) существенно зависит от начальных приближений. Для улучшения сходимости в качестве дополнительной информации могут быть использованы сведения об уровне жидкости в криогенном баке, плотности пара и оценочные сведения о массе СПГ в баке по результатам анализа циклограммы обращения СПГ.

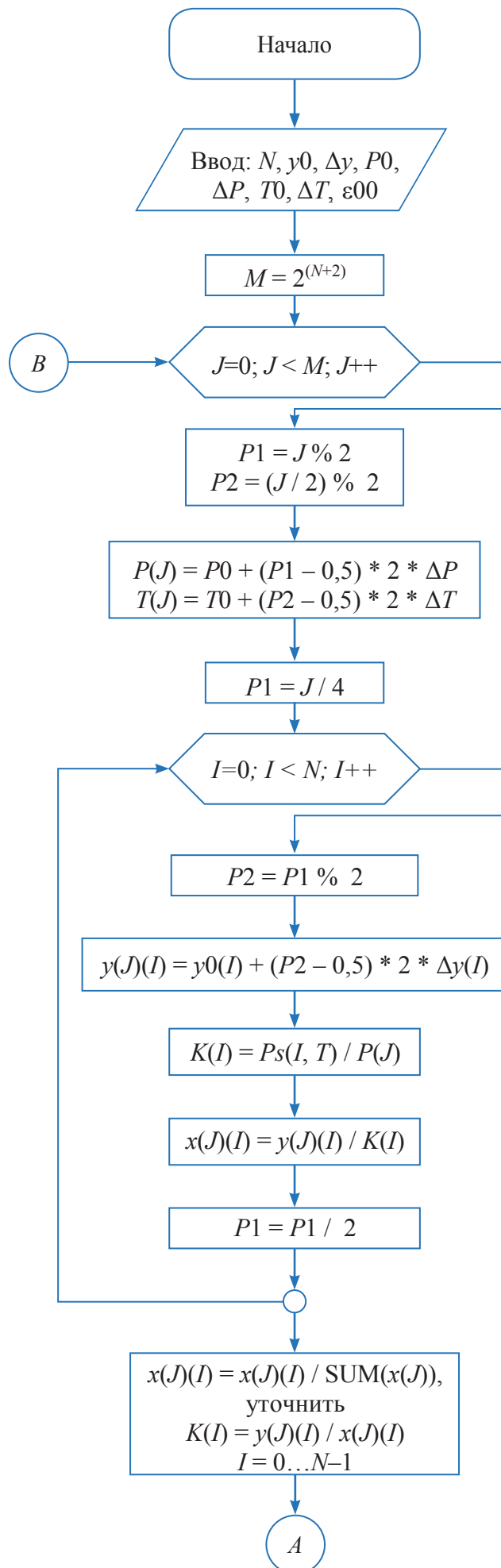
### Косвенные измерения состава жидкого остатка на основе сведений о составе паровой фазы

Для инициирования вычислений по системе уравнений (1) необходимо определить компонентный состав жидкости  $x$ . В качестве начального приближения состава жидкости могут быть использованы известные соотношения Рауля [3], корректируемые далее в итерационном процессе через фугитивности компонентов фаз [1, 4]. Начальные приближения, выражение для корректировки констант равновесия и критерии остановки итерационного процесса приведены в системе уравнений (2).

$$\left. \begin{aligned} K_{i(0)} &= \frac{y_i}{x_{i(0)}} \approx \frac{P_{s_i}(T)}{P} \\ K_{i(k+1)} &= K_{i(k)} \cdot \sqrt{\frac{f_{L_i}(T, P, x_{(k)})}{f_{V_i}(T, P, y)}} \\ x_{i(k+1)} &= \frac{y_i}{K_{i(k+1)}} \\ k &= 0 \dots N; N: \frac{|f_L(T, P, x_{(N)}) - f_V(T, P, y)|}{f_V(T, P, y)} < \varepsilon_{00} \cup \\ &\cup \left| \ln(f_L(T, P, x_{(N-1)})) - \ln(f_L(T, P, x_{(N)})) \right| < \varepsilon_{00} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где  $f_L, f_V$  – фугитивности жидкой и паровой фазы, МПа;  $K_{i(k)}$  – константа равновесия  $i$ -го компонента на  $k$ -й итерации, б.р.;  $x_{i(k)}$  – доля  $i$ -го компонента в жидкости на  $k$ -й итерации, б.р.;  $y_i$  – доля  $i$ -го компонента в паровой фазе, б.р.;  $T$  – температура парожидкостной системы, К;  $P$  – давление парожидкостной системы, МПа;  $P_{s_i}(T)$  – давление насыщения  $i$ -го компонента при температуре смеси, МПа;  $\varepsilon_{00}$  – допустимая погрешность итерационного процесса, б.р.

На основе представленной системы уравнений (2) может быть формализован процесс восстановления доли отдельных компонентов в жидкости по известному составу пара. Алгоритм расчёта представлен в виде блок-схемы на рис. 1.



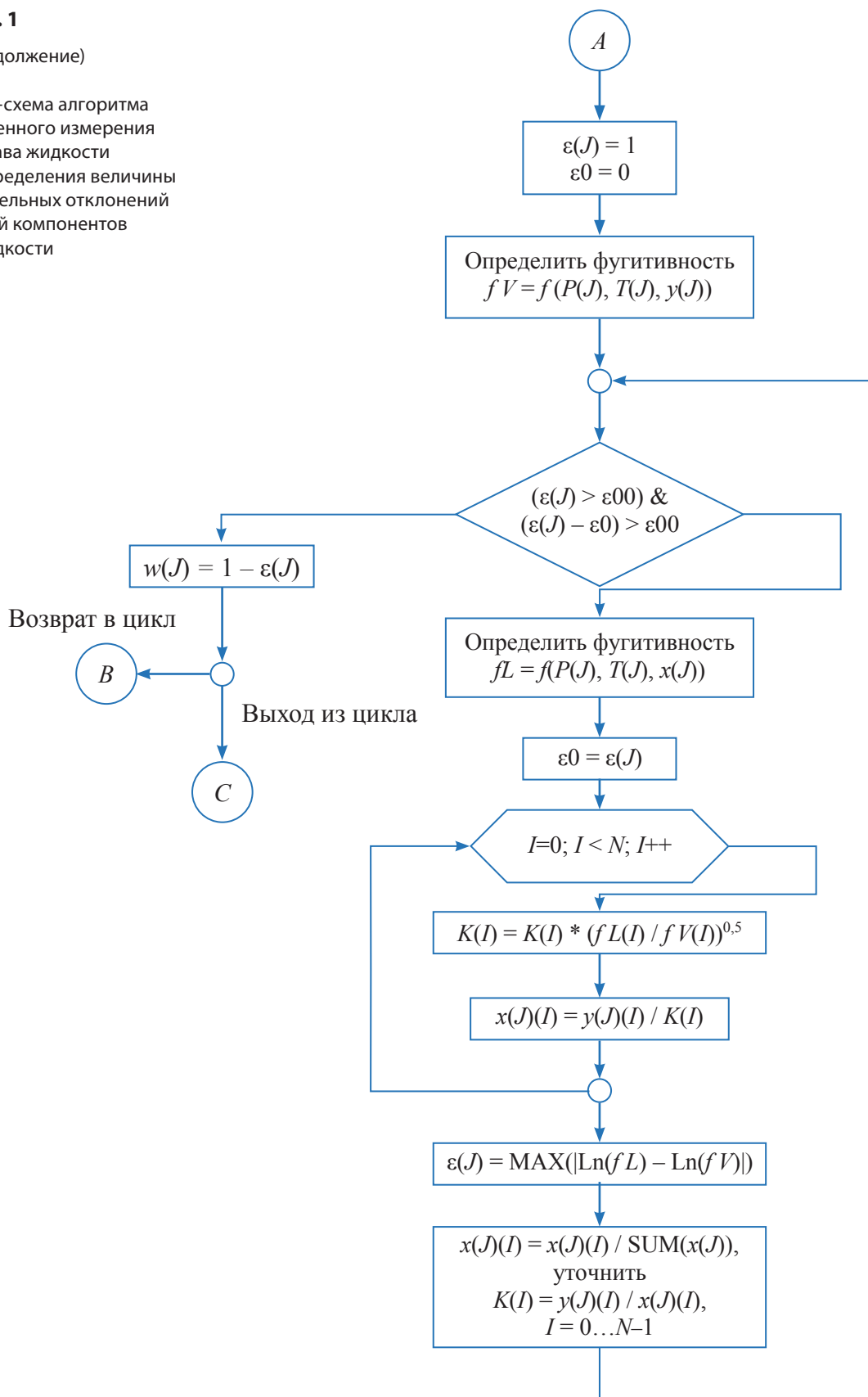
**РИС. 1**

Блок-схема алгоритма косвенного измерения состава жидкости и определения величины предельных отклонений долей компонентов в жидкости

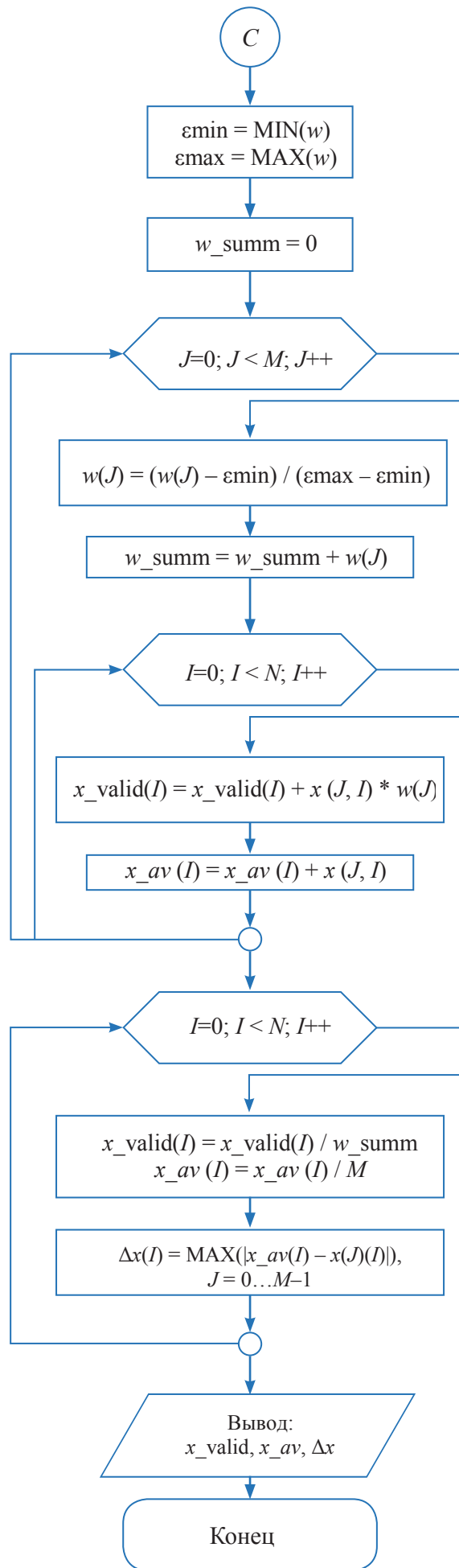
РИС. 1

(продолжение)

Блок-схема алгоритма косвенного измерения состава жидкости и определения величины предельных отклонений долей компонентов в жидкости







**РИС. 1**

(завершение)

Блок-схема алгоритма косвенного измерения состава жидкости и определения величины предельных отклонений долей компонентов в жидкости

В табл. 1 приведено описание параметров в блок-схеме (см. рис. 1).

**ТАБЛИЦА 1**

Описание параметров, приведённых на блок-схеме (рис. 1)

Параметр на блок-схеме	Описание
$N$	Число элементов в паровой фазе, определённое хроматографическим анализом. Относится к исходным данным.
$y_0$	Вектор длиной $N$ , содержащий значения измеренных долей отдельных компонентов в паровой фазе. $y_0(l)$ обозначает ссылку на $l$ -й элемент вектора. Относится к исходным данным.
$\Delta y$	Вектор длиной $N$ , содержащий значения абсолютных погрешностей измерения долей отдельных компонентов в паровой фазе. $\Delta y(l)$ обозначает ссылку на $l$ -й элемент вектора. Относится к исходным данным.
$P_0$	Измеренное давление парожидкостной среды. Относится к исходным данным.
$\Delta P$	Абсолютная погрешность измерения давления парожидкостной среды. Относится к исходным данным.
$T_0$	Измеренная температура парожидкостной среды. Относится к исходным данным.
$\Delta T$	Абсолютная погрешность измерения температуры парожидкостной среды. Относится к исходным данным.
$\epsilon_{00}$	Требуемая точность расчёта. Дополнительно см. уравнение (2). Относится к исходным данным.
$M$	Число элементов расчётной сетки. Дополнительно см. уравнение (3). Промежуточные данные.
$I, J$	Параметры перечисления. Промежуточные данные.
$P_1, P_2$	Вспомогательные параметры перечисления. Промежуточные данные.
$P$	Текущее значение давления на расчётной сетке. Промежуточные данные.
$T$	Текущее значение температуры на расчётной сетке. Промежуточные данные.
$y$	Матрица размером $M \times N$ с вариациями составов паровой фазы на расчётной сетке. Каждый элемент матрицы содержит вариант доли компонента в паровой фазе для узла расчётной сетки. $y(J)(I)$ обозначает ссылку на $I$ -й элемент $J$ -го столбца. Каждый столбец матрицы содержит вариант состава паровой фазы. Промежуточные данные.
$K$	Вектор длиной $N$ , содержащий значение константы равновесия на текущей итерации. $K(I)$ обозначает ссылку на $I$ -й элемент вектора. Промежуточные данные.
$x$	Матрица размером $M \times N$ с результатами, полученными на расчётной сетке. Каждый элемент матрицы содержит рассчитанную долю компонента в узле расчётной сетки. $x(J)(I)$ обозначает ссылку на $I$ -й элемент $J$ -го столбца. Каждый столбец матрицы содержит рассчитанный состав жидкой фазы. Промежуточные данные.

$\varepsilon$	Вектор длиной $M$ , содержащий погрешности вычислений на расчётной сетке. $\varepsilon(J)$ обозначает ссылку на $J$ -й элемент вектора. Промежуточные данные.
$\varepsilon_0$	Погрешность предыдущей итерации. Промежуточные данные.
$fV, fL$	Векторы длиной $N$ . Фугитивности паровой и жидкой фаз. $fV(I)$ и $fL(I)$ обозначают ссылку на $I$ -й компонент векторов. Промежуточные данные.
$w$	Вектор длиной $M$ , содержащий вес результатов на расчётной сетке. $w(J)$ обозначает ссылку на $J$ -й элемент вектора. Промежуточные данные.
$\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max}$	Минимальная и максимальная погрешности вычисления на расчётной сетке. Промежуточные данные.
$w\_summ$	Сумма всех весов результатов на расчётной сетке. Промежуточные данные.
$x\_valid$	Вектор длиной $N$ , содержащий средневзвешенные значения долей отдельных компонентов в жидкой фазе. $x\_valid(I)$ обозначает ссылку на $I$ -й элемент вектора. Относится к выходным данным.
$x\_av$	Вектор длиной $N$ , содержащий среднеарифметические значения долей отдельных компонентов в жидкой фазе. $x\_av(I)$ обозначает ссылку на $I$ -й элемент вектора. Относится к выходным данным.
$\Delta x$	Вектор длиной $N$ , содержащий значения абсолютных погрешностей определения долей отдельных компонентов в жидкой фазе. $\Delta x(I)$ обозначает ссылку на $I$ -й элемент вектора. Относится к выходным данным.
$Ps(I, T)$	Функция для определения давления насыщения $I$ -го компонента по температуре $T$ .
$f(P, T, n)$	Функция для определения фугитивностей смеси по составу $n$ , температуре $T$ и давлению $P$ . Результатом работы функции является вектор длиной $N$ , содержащий фугитивности отдельных компонентов смеси.
$sum(a)$	Функция для определения суммы всех элементов вектора $a$ .
$MAXV(a, b)$	Функция для определения максимального значения из двух скалярных значений $a$ и $b$ .
$MAX(a)$	Функция для определения максимального значения среди элементов вектора $a$ .
$MIN(a)$	Функция для определения минимального значения среди элементов вектора $a$ .

Алгоритм, приведённый на рис. 1, позволяет не только определить состав жидкости, но и оценить предельные отклонения значений долей отдельных компонентов в жидкости от среднеарифметических значений и таким образом оценить погрешность косвенных измерений, осуществлённых по представленному методу. В качестве результирующих и уточнённых значений восстановленных долей компонентов



в жидкости предлагается использовать средневзвешенные значения.

Средневзвешенные значения восстановленных долей отличаются от среднеарифметических за счёт ранжирования результатов. По алгоритму, представленному на рис. 1, в ходе определения предельных отклонений состава жидкости рассчитывалась величина неопределённости  $\left| \ln(f_L(T, P, x_{(N)})) - \ln(f_V(T, P, y)) \right|$ , которая далее использовалась для ранжирования результатов во множестве рассчитанных комбинаций. Порядок ранжирования описывается системой уравнений (3):

$$\left. \begin{aligned} x_i &= \frac{\sum_{j=0}^{M-1} w_j x_{j,i}}{\sum_{j=0}^{M-1} w_j}; \quad i = 0 \dots N - 1 \\ w_j &= \frac{\varepsilon_j - \min(\varepsilon)}{\max(\varepsilon) - \min(\varepsilon)} \\ \varepsilon_j &= 1 - \left| \ln(f_L(T_j, P_j, x_j)) - \ln(f_V(T_j, P_j, y_j)) \right|; \quad j = 0 \dots M - 1 \\ M &= 2^{(N+2)} \end{aligned} \right\}, (3)$$

где  $x_i$  – ранжированное содержание  $i$ -го компонента в составе жидкости;  $x_{j,i}$  – содержание  $i$ -го компонента в жидкости, полученное для  $j$ -й комбинации исходных данных;  $w_j$  – массовый фактор, полученный для  $j$ -й комбинации исходных данных;  $N$  – число компонентов в смеси;  $M$  – число комбинаций исходных данных (так, для девятикомпонентной исходной смеси  $M = 2048$ ).

Для оценки в аналитической форме погрешности косвенных измерений состава жидкости по предлагаемой методике воспользуемся рекомендациями [5]. Абсолютная погрешность определения доли  $j$ -го компонента в жидкости может быть записана в виде выражения (4), полученного путём линеаризации.

$$\Delta x_j = \left| \frac{dx_j}{d \ln f_{L,j}} \right| \cdot \sqrt{\sum_i \left[ \frac{d \ln f_{V,j}}{dy_i} \cdot \Delta y_i \right]^2} + x_j \cdot \sqrt{\left| \frac{d \ln f_{V,j}}{dP} \right|^2 \cdot \Delta P^2 + \left| \frac{d \ln f_{L,j}}{dT} \right|^2 \cdot \Delta T^2}, (4)$$

где  $\Delta x_j$  – абсолютная погрешность определения доли  $j$ -го компонента в жидкости, б.р.;  $x_j$  – доля  $j$ -го компонента в жидкости, б.р.;

$\left| \frac{d \ln f_{L,j}}{dx_j} \right|$  – значение по модулю первой производной логарифма фугитивности  $j$ -го компонента в жидкости по доле  $j$ -го компонента, б.р.;

$\frac{d \ln f_{V,j}}{dy_i}$  – первая производная логарифма фугитивности  $j$ -го компонента в паровой фазе по доле  $i$ -го компонента, б.р.;

$\left| \frac{d \ln f_{V,j}}{dP} \right|$  – значение по модулю первой производной логарифма фугитивности  $j$ -го компонента в паровой фазе по давлению, МПа<sup>-1</sup>;

$\left| \frac{d \ln f_{L,j}}{dT} \right|$  – значение по модулю первой производной логарифма фугитивности  $j$ -го компонента в паровой фазе по температуре, К<sup>-1</sup>;

$\Delta y_i$  – абсолютная погрешность измерения доли  $i$ -го компонента в паровой фазе;  $\Delta P$  – абсолютная погрешность измерения давления, МПа;  $\Delta T$  – абсолютная погрешность измерения температуры, К.

Производные  $\left| \frac{d \ln f_{L,j}}{dx_j} \right|$ ,  $\left| \frac{d \ln f_{V,j}}{dy_i} \right|$ ,  $\left| \frac{d \ln f_{V,j}}{dP} \right|$  и  $\left| \frac{d \ln f_{L,j}}{dT} \right|$  могут быть

определены методами численного дифференцирования или рассчитаны аналитически по уравнениям состояния [4].

Для приближённой оценки погрешности определения доли  $j$ -го компонента в жидкости допустимо использовать выражение (5), построенное на основе правила смешения Рауля:

$$\Delta x_j = x_j \cdot \left( \frac{\Delta y_j}{y_j} + \sqrt{\left( \frac{\Delta P}{P} \right)^2 + \left( \frac{dP_{s_j}(T)}{dT} \cdot \frac{\Delta T}{P_{s_j}(T)} \right)^2} \right), \quad (5)$$

где  $\Delta x_j$  – абсолютная погрешность определения доли  $j$ -го компонента в жидкости, б.р.;  $x_j$  – доля  $j$ -го компонента в жидкости, б.р.;

$\frac{dP_{s_j}(T)}{dT}$  – значение первой производной давления насыщения  $j$ -го

компонента по температуре, МПа/К;  $P_{s_j}(T)$  – давление насыщения  $j$ -го компонента при температуре смеси, МПа;  $\Delta y_i$  – абсолютная погрешность измерения доли  $j$ -го компонента в паровой фазе;  $y_j$  – доля  $j$ -го компонента в паровой фазе, б.р.;  $P$  – давление парожидкостной системы, МПа;  $T$  – температура парожидкостной системы, К;  $\Delta P$  – абсолютная погрешность измерения давления, МПа;  $\Delta T$  – абсолютная погрешность измерения температуры, К.

Для оценки  $P_{s_j}(T)$  и  $\frac{dP_{s_j}(T)}{dT}$  могут быть использованы выражения (6), (7):

$$P_{s_j}(T) = \exp \left\{ A_j + \frac{B_j}{T} + C_j \cdot \ln(T) + D_j \cdot T^{E_j} \right\} \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

$$\frac{dP_{s_j}(T)}{dT} = P_{s_j}(T) \cdot \left( -\frac{B_j}{T^2} + \frac{C_j}{T} + E_j \cdot D_j \cdot T^{E_j-1} \right), \quad (7)$$

где  $\frac{dP_{s_j}(T)}{dT}$  – значение первой производной давления насыщения

$j$ -го компонента по температуре, МПа/К;  $P_{s_j}(T)$  – давление насыщения  $j$ -го компонента при температуре смеси, МПа;  $A_j$ ,  $B_j$ ,  $C_j$ ,  $D_j$  и  $E_j$  – коэффициенты уравнения Антуана, рекомендуемые значения которых приведены в табл. 2.

Значения коэффициентов из табл. 2 были использованы для оценки погрешности косвенного измерения доли компонентов в жидкой фазе по формуле (5).

В качестве примера расчёта по представленной методике приведём расчёт состава жидкого остатка, полученного в криогенном баке после продолжительной работы автотранспортного средства. Состав смеси в паровом пространстве приведён в табл. 3. В той же таблице представлен «измеренный» состав, определённый с оценкой погрешности

**ТАБЛИЦА 2**

Рекомендуемые значения коэффициентов в уравнении Антуана [3, 6]

Компонент	$A_j$	$B_j$	$C_j$	$D_j$	$E_j$
Метан	31,35	-1307,52	-3,26134	2,9418E-5	2
Этан	44,0103	-2568,82	-4,97635	1,46447E-5	2
Пропан	52,3785	-3490,55	-6,10875	1,11869E-5	2
Изобутан	58,7845	-4136,68	-7,01666	1,03662E-5	2
н-бутан	66,945	-4604,09	-8,25491	1,15706E-5	2
Азот	35,4113	-966,243	-4,31849	7,9319E-5	2
CO <sub>2</sub>	133,62	-4735,0	-21,267	4,0908E-2	1

по ГОСТ 31371.7 [7]. В рассмотренном примере погрешность измерения температуры составляет 0,5 К, погрешность измерения давления 0,005 МПа.

В табл. 3 в графе «восстановленный состав жидкости» в скобках приведён состав жидкости, ранжированный согласно (3). Отметим, что в значениях неопределённости, полученных для состава жидкости, не учтена погрешность уравнения состояния.

Из табл. 3 видно, что хроматографическим методом (результаты приведены в соответствии с ГОСТ 31371.7 [7]) при измерениях не было зафиксировано наличие бутанов в парогазовой фазе. Это привело к значимой погрешности (около 3 %) при определении состава жидкости. Прежде всего, это сказалось на содержании метана (87,0 % в восстановленной смеси против 85,7 % в реальной смеси).

В качестве другого примера рассмотрим вариант восстановления состава жидкости по составу пара, приведённого в табл. 4. Состав пара равновесен составу жидкости, полученному в результате продолжительного отбора вещества из парового пространства криогенного бака

**ТАБЛИЦА 3**

Действительный «измеренный» состав пара и восстановленный состав жидкости

Компонент	Действительный состав пара, % мольн.	Действительный состав жидкости, % мольн.	Измеренный состав пара, % мольн.	Восстановленный состав жидкости и предельные отклонения, % мольн.	Оценка погрешности, %	
					по (4)	по (5)
Метан	98,1087	85,7065	98,11±0,07	87,1±1,6 (87,0)	2,0	2,2
Этан	0,186949	9,70963	0,187±0,008	9,5±0,8 (9,6)	0,9	1,0
Пропан	0,0034915	3,40236	0,0035±0,0005	3,2±0,8 (3,3)	0,8	0,7
Изобутан	4,89316E-05	0,494531	0	0	-	-
н-бутан	2,98583E-05	0,471259	0	0	-	-
Изопентан	1,80531E-07	0,0170551	0	0	-	-
н-пентан	6,33779E-08	0,0171089	0	0	-	-
CO <sub>2</sub>	0,00311265	0,0269914	0,0031±0,0014	0,027±0,013 (0,027)	0,014	0,018
Азот	1,697643	0,154589	1,70±0,07	0,163±0,016 (0,161)	0,008	0,010
«Измеренная» температура, К				146,2±0,5		
«Измеренное» давление, МПа				0,762±0,005		



с работающим испарителем самонаддува [8]. Пример имитирует случай выхода двигателя из строя из-за появления детонационных явлений в момент переключения криогенной бортовой топливной системы (КБТС) на отбор вещества из жидкой фазы. В данном примере детонация может проявиться при степени заполнения криогенного бака около 10 %.

**ТАБЛИЦА 4**

Действительный «измеренный» состав пара и восстановленный состав жидкости

Компонент	Действительный состав пара, % мольн.	Действительный состав жидкости, % мольн.	Измеренный состав пара, % мольн.	Восстановленный состав жидкости и предельные отклонения, % мольн.	Оценка погрешности, %	
					по (4)	по (5)
Метан	89,8725	17,7361	89,87±0,09	17,8±1,2 (17,8)	0,3	0,4
Этан	9,69261	55,4405	9,7±0,4	55,6±2,1 (55,4)	4	4
Пропан	0,327253	21,0027	0,327±0,02	21,0±1,9 (21,0)	2,1	2,1
Изобутан	0,00729626	2,79049	0,0073±0,0007	2,8±0,5 (2,8)	0,4	0,4
н-бутан	0,00413314	2,69621	0,0041±0,0005	2,7±0,5 (2,7)	0,5	0,5
Изопентан	5,15481E-05	0,0963481	0	0	–	–
н-пентан	1,80768E-05	0,0963605	0	0	–	–
CO <sub>2</sub>	0,0961701	0,141294	0,096±0,007	0,141±0,017 (0,141)	0,014	0,015
Азот	2,47049E-05	5,76057E-07	0	0	–	–
«Измеренная» температура, К				187,1±0,5		
«Измеренное» давление, МПа				0,795±0,005		

Полученные оценки погрешности по формулам (4) и (5) близки по своим значениям (см. табл. 3 и 4). Таким образом, для оценки погрешности косвенных измерений достаточно использовать упрощённые соотношения, построенные на базе правил смешения Рауля (5). Можно ожидать, что величины, полученные по формулам (4) и (5), должны быть близки по значениям к предельным отклонениям ( $\Delta x_j$  на рис. 1). Однако, как видно из табл. 3 и 4, предельные отклонения для метана и этана существенно отличаются от значений, полученных по формулам (4) и (5). Это связано с тем обстоятельством, что при выводе формул (4) и (5) не учитывалось взаимное влияние погрешностей  $\Delta x_j$  и  $\Delta y_j$ , которые в общем случае должны определяться через рекурсивные соотношения (8).

$$\left. \begin{aligned} \Delta y_j + \sum_{i,i \neq j} \Delta y_i &= 0 \\ \Delta x_j(\Delta y_j, y_j, x_j) + \sum_{i,i \neq j} \Delta x_i(\Delta y_i, y_i, x_i) &= 0 \\ y_j &= 1 - \sum_{i,i \neq j} y_i \\ x_j &= 1 - \sum_{i,i \neq j} x_i \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Рекурсивный характер представленных выражений затрудняет точное определение значений  $\Delta x_j$ , однако можно воспользоваться аппроксимацией (9), построенной на основе правила нормализации долей компонентов в смеси, которая даёт приемлемую корректировку значений погрешностей, рассчитанных по выражениям (4) и (5).

$$\Delta x'_j = \frac{\Delta x_j \cdot (1 - x_j) + x_j \cdot \sqrt{\sum_{i,i \neq j} \Delta x_i^2}}{1 + \Delta x_j - \sqrt{\sum_{i,i \neq j} \Delta x_i^2}}, \quad (9)$$

где  $\Delta x'_j$  – скорректированная абсолютная погрешность определения доли  $j$ -го компонента в жидкости, б.р.;  $\Delta x_j$  – абсолютная погрешность определения доли  $j$ -го компонента, рассчитанная по выражениям (4) или (5), б.р.;  $x_j$  – доля  $j$ -го компонента в жидкости, б.р.

В табл. 5 приведены значения абсолютной погрешности определения долей компонентов в модельных смесях до и после корректировки по выражению (9). Отметим, что после применения аппроксимации (9) величины абсолютных погрешностей определения долей компонентов в жидкости приблизились по своим значениям к предельным отклонениям, полученным в рамках прямого моделирования по алгоритму на рис. 1.

Высокая чувствительность расчётного метода на корректность определения концентрации углеводородов  $C_{4+}$  в паре требует разработки дополнительных корректирующих мероприятий. Таковыми могут считаться методы, основанные на введении компонента-фракции  $C_{4+}$ , объединяющего бутаны и имеющего эквивалентные свойства [4], а также эмпирические аппроксимационные зависимости. В качестве рекомендации можно предложить восстанавливать долю  $C_{4+}$  в паровой фазе (если таковая не фиксируется хроматографическим анализом) по начальной его концентрации в СПГ, заправленном в транспортное средство на станции.

**ТАБЛИЦА 5**

Значения абсолютной погрешности косвенного измерения долей компонентов в модельных смесях до и после корректировки по выражению (9)

**Модельная смесь 1, табл. 3**

**Модельная смесь 2, табл. 4**

Компонент	Предельные отклонения, %	Оценка погрешности, %			Предельные отклонения, %	Оценка погрешности, %		
		по (4)	по (5)	по (9)		по (4)	по (5)	по (9)
Метан	1,6	2,0	2,2	1,3	1,2	0,3	0,4	1,0
Этан	0,8	0,9	1,0	1,1	2,1	4	4	2,7
Пропан	0,8	0,8	0,7	0,8	1,9	2,1	2,1	2,4
Изобутан	–	–	–	–	0,5	0,4	0,4	0,5
н-бутан	–	–	–	–	0,5	0,5	0,5	0,6
CO <sub>2</sub>	0,013	0,014	0,018	0,015	0,017	0,014	0,015	0,020
Азот	0,016	0,008	0,010	0,012	–	–	–	–

Дополнительные методические погрешности измерения могут быть получены за счёт следующих факторов.

- Парожидкостная система, находящаяся в криогенном баке, не находится в состоянии термодинамического равновесия. Эта погрешность может быть снижена за счёт предварительной процедуры раскочки бака.
- Измерение давления и температуры проводится на коммуникациях, расположенных на значимом расстоянии от криогенного бака. Это может привести к повышению измеряемой температуры и снижению измеряемого давления относительно значений в КБТС. Погрешность может быть компенсирована за счёт теплоизоляции подводящего трубопровода и внесения корректировок, основанных на учёте гидравлического сопротивления подводящих коммуникаций.

## Выводы

Предложенная автором методика восстановления состава жидкости по составу пара для изохорных равновесных парожидкостных систем имеет удовлетворительную точность и позволяет получить оценку содержания отдельных компонентов, достаточную, например, для анализа детонационных явлений, а также явлений, связанных с кристаллизацией диоксида углерода в криогенных бортовых топливных системах. Показано, что для оценки погрешности косвенных измерений достаточно использовать упрощённые соотношения, построенные на базе правил смешения Рауля. Практическое применение данной методики осложняется необходимостью подтверждения корректности принятых допущений в рамках натурального эксперимента. Оценка влияния степени неравновесности системы на точность представленной расчётной методики является следующим шагом в её развитии и корректировке.

## Использованные источники

1. Kunz O., Klimeck R., Wagner W., Jaeschke M. The GERG-2004 wide-range equation of state for natural gases and other mixtures. – Groupe Européen de Recherches Gazières technical monograph 15, 2007. – 535 pp [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gerg.eu/wp-content/uploads/2019/10/TM15.pdf> (дата обращения: 29.01.2021).
2. ISO 20765-2:2015. Natural gas – Calculation of thermodynamic properties. Part 2: Single-phase properties (gas, liquid, and dense fluid) for extended ranges of application.
3. Poling B.E., Prausnitz J.M. The Properties of Gases and Liquids. 5th Edition. – New York: McGraw-Hill, 2001. – 768 pp.
4. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. – М.: Грааль, 2002. – 575 с.
5. МИ 2083–90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200007609> (дата обращения: 09.02.2021).
6. Aspen Physical Property System. Physical Property Methods [Электронный ресурс] // Guide to using AspenTech's software Version Number: V8.4, 2013. Режим доступа: [http://profsite.um.ac.ir/~fanaei/\\_private/Property%20Methods%208\\_4.pdf](http://profsite.um.ac.ir/~fanaei/_private/Property%20Methods%208_4.pdf) (дата обращения: 15.02.2021).
7. ГОСТ 31371.7–2008 Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределённости. Часть 7. Методика выполнения измерений молярной доли компонентов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200068105> (дата обращения: 09.02.2021).
8. Горбачев С.П., Медведков И.С. Изменение компонентного состава СПГ при его длительной транспортировке и хранении, методы кондиционирования // Газовая промышленность. – 2018. – № 10 (775) – С.56-66.

# Оптимизация состава смесевых топлив для дизелей тракторов и сельскохозяйственных машин

**Ш.В. Бузиков,**  
заведующий кафедрой машин  
и технологии деревообработки,  
Вятский государственный университет,  
к.т.н.,

**С.А. Плотников,**  
профессор кафедры технологии  
машиностроения, Вятский  
государственный университет, д.т.н.

Предметом исследования является определение оптимального состава компонентов смесевых топлив (СТ), состоящего из дизельного топлива (ДТ) и рапсового масла (РМ), основывающегося на минимизации удельных выбросов токсичных веществ (ТВ) с отработавшими газами (ОГ), содержащихся в продуктах сгорания дизелей. Цель работы – оптимизация состава СТ определением общего минимума количества удельных выбросов ТВ с ОГ дизелей тракторов и сельскохозяйственных машин. Для их определения в зависимости от состава СТ проведены стендовые испытания тракторного дизеля Д-245.5С, размерностью 4ЧН 11,0/12,5. Исследования проведены на ДТ, СТ с добавкой рапсового масла 20, 55 и 80 %. В ходе проведённых исследований были получены области контроля удельных выбросов ТВ, а также математические уравнения, определяющие уровень этих выбросов в зависимости от содержания РМ в смесевом топливе. Представленные зависимости удельных выбросов ТВ свидетельствуют о том, что при увеличении содержания РМ в СТ от 0 до 55 % и от 55 до 80 % удельные выбросы сначала снижались (сажи с 0,129 до 0,063 г/кВт·ч, оксидов азота с 1,13 до 0,57 г/кВт·ч и суммарных углеводородов с 0,61 до 0,24 г/кВт·ч), а затем повышались (сажи с 0,063 до 0,064 г/кВт·ч, оксидов азота с 0,57 до 0,58 г/кВт·ч и суммарных углеводородов с 0,24 до 0,25 г/кВт·ч). Удельные выбросы оксидов углерода напротив повышались с 1,65 до 3,94 г/кВт·ч во всём диапазоне увеличения содержания РМ в СТ. В результате проведённых исследований определено оптимальное содержание РМ в СТ, равное 53 %, для применения в испытуемом дизеле, при котором наблюдаются минимальные значения удельных выбросов токсичных веществ с ОГ.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

выбросы токсичных веществ, рапсовое масло, смесевое топливо, отработавшие газы, испытательный цикл.

На сегодняшний день одним из наиболее распространённых растительных масел, применяемых в качестве моторного топлива, является рапсовое масло (РМ) [1-5]. Однако применение чистого РМ взамен традиционного дизельного топлива (ДТ) затруднено в связи с высокими показателями плотности и вязкости, значительно превышающими одноимённые показатели ДТ [4, 5]. Причём их значения остаются высокими при температурах, характерных для топливной системы в режиме эксплуатации. Это обстоятельство затрудняет использование чистого РМ в качестве моторного топлива и предполагает его применение в смеси с ДТ [4, 5].



---

Смесевое топливо (СТ) является наиболее предпочтительным с точки зрения применения в системах питания дизелей, так как его физико-химические свойства наиболее близки к ДТ. В то же самое время количество удельных выбросов ТВ, содержащихся в продуктах сгорания дизеля при его работе на СТ, меньше, чем на ДТ. Однако определение оптимального состава компонентов в СТ, при которых количество удельных выбросов ТВ, содержащихся в продуктах сгорания дизеля, будет минимально согласно нормативным требованиям, является актуальной задачей.

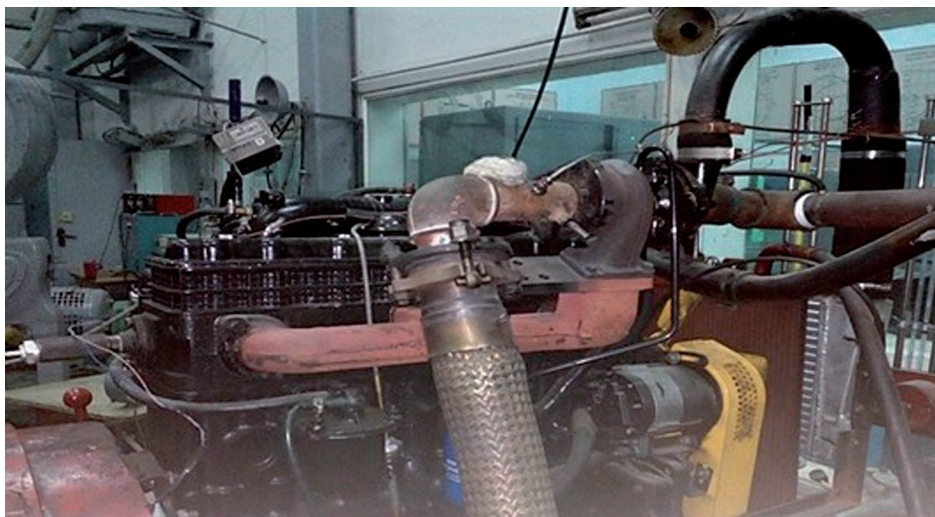
В исследованиях, проведённых ранее [4, 5], была предложена методика оценки интегральной токсичности ОГ автотракторных дизелей в условиях эксплуатации, работающих на природном газе и спиртовых эмульсиях, а также на РМ.

Однако определение оптимального состава компонентов смесевое топлива, основывающееся на минимизации удельных выбросов вредных веществ с ОГ, содержащихся в продуктах сгорания дизеля, путём поиска общего экстремума представляет научный интерес. В связи с этим целью настоящей работы является оптимизация состава СТ определением общего минимума количества выбросов ТВ с ОГ дизеля.

Определение удельных выбросов ТВ, содержащихся в продуктах сгорания тракторного дизеля сельскохозяйственной машины Д-245.5С, размерностью 4ЧН 11,0/12,5, проводили согласно ГОСТ [6] при реализации испытательного цикла для измерения и оценки выбросов газообразных вредных веществ и частиц с отработавшими газами двигателей, работающих на нагрузочное устройство на установившихся режимах [7]. В качестве удельных определяли выбросы оксида углерода (СО), углеводородов (СН), оксидов азота (NO<sub>x</sub>) и дисперсных частиц/сажи (С), выраженные в г/кВт·ч [6].

Установка для проведения стендовых испытаний состояла из нагрузочного электротормозного стенда RAPIDO (Германия) мощностью 250 кВт с установленным дизелем Д-245.5С, размерностью 4ЧН 11,0/12,5 (рис. 1) [8].

Стенд для проведения испытаний был оборудован всеми приборами для определения удельных выбросов ТВ, прошедшими в обязательном порядке государственную поверку.



**РИС. 1**

Общий вид дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на стенде

Исследования были проведены на ДТ и СТ с добавкой 20, 55 и 80 % РМ. В соответствии с методикой проведения испытаний [7] определение выбросов токсичных веществ осуществлено согласно испытательному циклу «С1 Дизельные двигатели для внедорожного транспорта и промышленного оборудования», который применим к самоходным сельскохозяйственным машинам (включая тракторы).

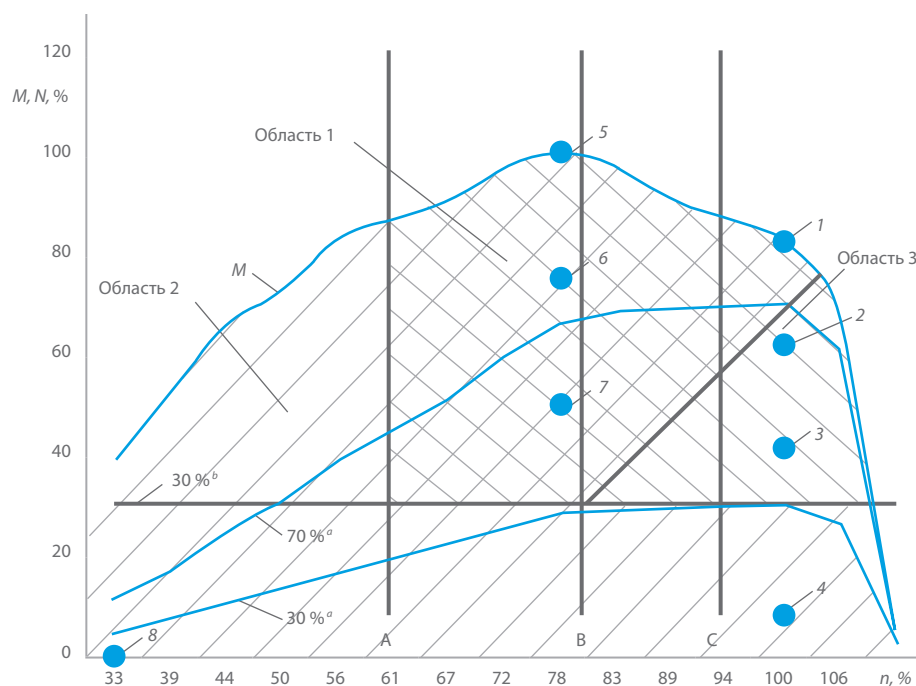
Перед началом испытаний были сняты регулировочные характеристики дизеля на вышеназванных смесях, в результате которых были определены оптимальные значения установочного угла опережения впрыскивания топлива  $\theta_{впр}=26^\circ$  [8].

Для определения областей контроля тех или иных удельных выбросов ТВ были определены внешняя скоростная характеристика дизеля, 30- и 70-процентные значения относительных величин мощности и крутящего момента, а также относительные величины частот вращения коленчатого вала дизеля в характеристических точках, где  $A=61\%$ ,  $B=80\%$ ,  $C=93\%$  [7]. Результаты графоаналитического определения областей контроля удельных выбросов ТВ представлены на рис. 2.

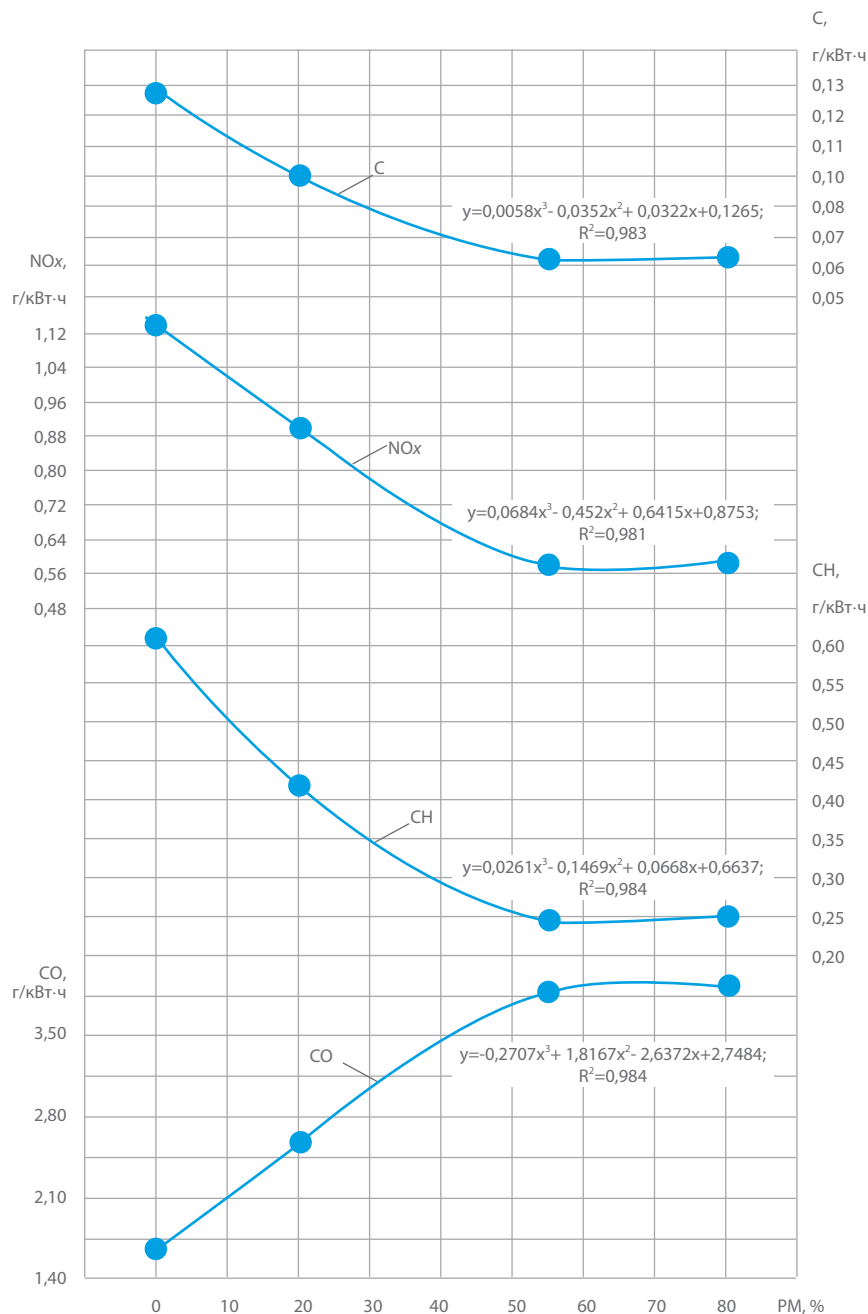
Анализ выявления данных (см. рис. 2) говорит о том, что на режимах 4 и 8 не учитываются удельные выбросы ТВ, а на режимах 2 и 3 не учитываются только удельные выбросы сажи.

РИС. 2

Область контроля удельных выбросов ТВ при проведении стендовых испытаний дизеля Д-245.5С



1-8 – режимы, на которых проведены стендовые испытания; 1 – область контроля всех удельных выбросов ТВ; 2 – область, где никакие удельные выбросы ТВ не контролируются; 3 – область, где не контролируется удельный выброс частиц сажи; 30%<sup>a</sup> – относительная величина мощности, равная 30% от номинальной; 70%<sup>a</sup> – относительная величина мощности, равная 70% от номинальной; 30%<sup>b</sup> – относительная величина крутящего момента в процентах от максимального; M – внешняя скоростная характеристика дизеля (моментная); N – внешняя скоростная характеристика дизеля (мощностная); A, B, C – относительные величины частот вращения коленчатого вала дизеля в характеристических точках, %



**РИС. 3**  
Зависимости удельных выбросов ТВ от содержания РМ в СТ

Определение значений удельных выбросов ТВ в зависимости от режима испытаний согласно испытательному циклу и содержания РМ в СТ проводили в соответствии с методикой, указанной в ГОСТ [6]. Результаты определения удельных выбросов ТВ в зависимости от разного содержания РМ в СТ представлены на рис. 3.

Анализ представленных зависимостей свидетельствует о том, что при увеличении содержания РМ в СТ от 0 до 55 % снижаются удельные выбросы: C – с 0,129 до 0,063 г/кВт·ч, NO<sub>x</sub> – с 1,13 до 0,57 г/кВт·ч и CH – с 0,61 до 0,24 г/кВт·ч. Удельные выбросы CO повышаются с 1,65 до 3,94 г/кВт·ч при увеличении содержания РМ в СТ от 0 до 80 %. При дальнейшем увеличении содержания РМ в СТ от 55 до 80 % наблюдалось незначительное увеличение удельных выбросов: C – с 0,063 до 0,064 г/кВт·ч, NO<sub>x</sub> – с 0,57 до 0,58 г/кВт·ч и CH – с 0,24 до 0,25 г/кВт·ч.

Все полученные значения удельных выбросов как при испытаниях дизеля на ДТ, так и при испытаниях на СТ с разным содержанием РМ не превышают значений показателей, установленных требованиями правил ЕЭК ООН № 96 [6].

После аппроксимации полученных зависимостей удельных выбросов ТВ от содержания РМ в СТ, представленных на рис. 3 полиномами 3-й степени с величиной достоверности аппроксимации  $R^2=0,98$ , составили систему уравнений, в которой основным критерием для его решения был поиск общего минимума всех функций, входящих в систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} C = 0,0058X^3 - 0,0352X^2 + 0,0322X + 0,1265 \\ NO_x = 0,0684X^3 - 0,452X^2 + 0,6415X + 0,8753 \\ CH = 0,0261X^3 - 0,1469X^2 + 0,0668X + 0,6637 \\ CO = -0,2707X^3 + 1,8167X^2 - 2,6372X + 2,7484 \end{array} \right\} \quad (1)$$

при  $C \rightarrow \min$ ,  $NO_x \rightarrow \min$ ,  $CH \rightarrow \min$ ,  $CO \rightarrow \min$ , где  $X$  – содержание РМ в СТ, %.

Решали систему уравнений (1) методом Гаусса. Основным условием являлась зависимость  $0 \leq \text{РМ, \%} \leq 100$ , в результате было найдено оптимальное значение аргумента функций системы уравнений (1), при котором все функции стремятся к минимуму. В итоге было определено оптимальное значение содержания РМ в СТ, равное 53 %, при котором достигаются минимальные значения удельных выбросов вредных веществ.

## Выводы

1. В ходе проведённых исследований были получены области контроля удельных выбросов ТВ при проведении стендовых испытаний дизеля Д-245.5С, зависимости удельных выбросов и математические уравнения третьего порядка, определяющие содержание в ОГ удельных выбросов сажи (дисперсные частицы), оксидов азота, углеводородов и оксида углерода в зависимости от содержания РМ в СТ.

2. Результаты графоаналитического определения областей контроля удельных выбросов ТВ говорят о том, что на режимах 4 и 8 (см. рис. 2) не учитываются значения удельных выбросов, а на режимах 2 и 3 не учитываются только удельные выбросы сажи. Представленные зависимости удельных выбросов от содержания РМ в СТ свидетельствуют о том, что при увеличении содержания РМ в СТ от 0 до 55 % и от 55 до 80 % удельные выбросы сначала снижались: сажи  $C$  – с 0,129 до 0,063 г/кВт·ч,  $NO_x$  – с 1,13 до 0,57 г/кВт·ч и  $CH$  – с 0,61 до 0,24 г/кВт·ч, а затем повышались: сажи – с 0,063 до 0,064 г/кВт·ч,  $NO_x$  – с 0,57 до 0,58 г/кВт·ч и  $CH$  – с 0,24 до 0,25 г/кВт·ч. Удельные выбросы оксида углерода  $CO$  напротив повышались с 1,65 до 3,94 г/кВт·ч во всём диапазоне увеличения содержания РМ в СТ.

3. В результате проведённых исследований определено оптимальное содержание РМ в СТ, равное 53 %, для применения в дизеле Д-245.5С2, при котором наблюдаются минимальные значения удельных выбросов ТВ с ОГ.



## Использованные источники

1. Марков В.А., Девянин С.Н., Неверова В.В., Быковская Л.И., Быков А.Е. Оптимизация состава смесового биотоплива для дизельного двигателя // АГЗК+АТ. – 2021. – Т.20. – № 1. – С. 25-38.
2. Плотников С.А., Бузиков Ш.В., Черемисинов П.Н. Определение влияния смесового топлива на механизмы процесса сгорания для автомобильных и тракторных ДВС // Транспортные системы. – 2019. – № 2 (12). – С. 4-8.
3. Бузиков Ш.В., Плотников С.А., Козлов И.С. Оптимизация добавки рапсового масла в смесовом топливе, применяемом в тракторных дизелях // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 5 (83). – С. 72-77.
4. Марков В.А., Зыков С.А., Лобода С.С. Оценка интегральной токсичности отработавших газов автотракторных дизелей в условиях эксплуатации // АГЗК+АТ. – 2017. – Т. 16. – №. 12. – С. 545-562.
5. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Оценка интегральной токсичности отработавших газов дизеля, работающего на природном газе и спиртовых эмульсиях // Экология и промышленность России. – 2019. – № 23 (9). – С. 60-65. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-9-60-65>
6. ГОСТ Р 41.96-2011 (Правила ЕЭК ООН N 96) Единообразные предписания, касающиеся двигателя с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями (Переиздание).
7. ГОСТ ISO 8178-4-2013 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Измерение выброса продуктов сгорания. Часть 4. Испытательные циклы для двигателей различного применения на установившихся режимах.
8. Плотников С.А., Бузиков Ш.В., Козлов И.С. Определение регулировочных параметров системы топливоподдачи тракторного дизеля при работе на топливных композициях с добавками рапсового масла // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 4 (40). – С. 133-138.

## Airbus планирует переход на биотопливо

Французский аэрокосмический концерн Airbus совместно с Германским центром авиации и космонавтики (DLR), производителем авиадвигателей Rolls-Royce Civil Aerospace и финской топливной компанией Neste объявил о начале проекта по испытанию экологически чистого авиационного топлива (SAF) в пассажирских перевозках. Будет изучено влияние биотоплива на лётные характеристики самолётов и уровень вредных выбросов.

Эксперимент будет включать наземные и лётные испытания с использованием летающей лаборатории на основе дальнемагистрального широкофюзеляжного двухдвигательного пассажирского самолёта Airbus A350-900 с двигателями Rolls-Royce Trent XWB. Первой частью тестов стали прошедшие в Тулузе испытания силовых агрегатов на биотопливе, а в апреле состоялся первый полёт Airbus на SAF. На осень намечены лётные тесты с использованием самолёта-лаборатории Falcon 20-E, которые позволят прямо в воздухе замерить уровень выбросов лайнера на биотопливе.

Как отмечают в Airbus, в программе работы также значатся наземные испытания по измерению выбросов твёрдых частиц, чтобы изучить, какое воздействие на окружающую среду оказывает использование биотоплива. Кроме того, специалисты сравнят уровень вредных выбросов от SAF с выбросами от традиционного авиационного керосина и авиакеросина с пониженным содержанием серы. Биотопливо для проекта будет поставлять Neste, которая является мировым лидером по производству экологически чистого авиационного топлива. Дополнительные измерения и анализ для определения характеристик выбросов твёрдых частиц во время наземных испытаний будут проводиться при участии специалистов Манчестерского университета Великобритании и Национального исследовательского совета Канады.

Ранее уже проводились испытания авиадвигателей, работающих на смеси керосина с биотопливом (от 30 до 50 %), которые подтвердили снижение выбросов сажи. Сейчас же планируется проверить возможность работы самолёта на одном лишь биотопливе и оценить возможность сертификации лайнеров Airbus для полётов на SAF.



Airbus

<https://www.popmech.ru/technologies/news-682713>



# Математическая модель оценки ресурса механических систем транспортных средств, эксплуатируемых на инновационных маслах

*На примере двигателя, работающего на газовом топливе*

**М.В. Григорьев,**  
доцент кафедры ЭАТиС, МАДИ, к.т.н.,

**А.В. Зенченко,**  
студент факультета  
«Энергомашиностроение»  
МГТУ им. Н.Э. Баумана,

**Ю.В. Панов,**  
профессор кафедры ЭАТиС,  
МАДИ, к.т.н.

В статье приведён методологический подход и принципы оценки влияния современных инновационных моторных масел на ресурс автомобильных двигателей в процессе их эксплуатации. Представлена математическая модель прогнозирования износа элементов цилиндропоршневой группы до достижения ими предельного состояния с последующим выявлением потенциального ресурса двигателя автомобиля в целом. Результаты построения модели и оценка исследуемых параметров отражены в графическом и табличных видах.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

математическая модель, уровень надёжности двигателя, ресурс, наработки элементов двигателя, прогнозная оценка.

Целью статьи является ознакомление читателей с возможностью и целесообразностью применения современных инновационных моторных масел и прогнозирования при их использовании потенциального ресурса элементов цилиндропоршневой группы автомобильных двигателей до достижения ими предельного состояния, что обеспечивает увеличение нормативного срока эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта, снижение расходов на поддержание заданного уровня его работоспособности и повышение экономических и экологических показателей в процессе эксплуатации.

В статье излагаются принципы и подходы к оценке возможного увеличения нормативного срока эксплуатации автомобильных двигателей (их ресурс) с использованием инновационных моторных масел на основе прогнозирования изменения износа элементов цилиндропоршневой группы в процессе эксплуатации автомобилей. При решении вопроса прогнозирования технического состояния исследуемого объекта (двигатель) раскрывается целесообразность и возможность использования минимальной информации по его наработкам и износу его элементов в точках/зонах начала испытаний (или эксплуатации) и по их завершению. Материалы, изложенные в данной работе, могут быть полезны конструкторам двигателей, работающих на газомоторном топливе, специалистам трибологических лабораторий, инженерно-техническому персоналу, эксплуатирующему автомобильный транспорт и обеспечивающему поддержание его на заданном уровне работоспособного состояния, студентам, аспирантам и преподавателям

---

технических вузов автомобильного профиля, а также широкому кругу автомобилистов.

Эффективность эксплуатационных, ресурсных, экономических и экологических показателей работы транспортно-технологических средств в значительной мере определяется трибологическими (антифрикционные, противозносные, противопиттинговые и др.) и химмотологическими характеристиками смазочных материалов, применяемых в узлах и агрегатах современных колёсных транспортных средств. В автотранспортных предприятиях имеющийся подвижной состав простаивает из-за отказов и неисправностей, вызванных износом узлов и агрегатов, что приводит к увеличению расходов на техническое обслуживание, ремонт и запасные части, а также к ухудшению экономических и экологических показателей работы подвижного состава автомобильного транспорта [1, 2].

Ряд научных исследований показывает, что потеря мощности бензинового, дизельного, газового или многотопливного двигателя средне-статистического автомобиля из-за общего физического износа (в том числе коррозионного и механического) в некоторых случаях достигает 15 % [3-8]. Внедрение в эксплуатацию мероприятий по поддержанию заданного уровня работоспособности и надёжности функционирования рассматриваемых элементов (узлы, агрегаты, системы) колёсных автотранспортных средств позволяет заметно увеличить нормативный срок их эксплуатации (ресурс) [9, 10].

Одним из путей решения этой задачи является применение в составе смазочных материалов инновационных пакетов присадок, способных оказывать антифрикционные, противопиттинговые и противозадирные воздействия на поверхности трения различных узлов механических систем, снижая их физический износ.

На базе кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и авто-сервис» МАДИ проведены исследования, направленные на разработку принципов, подходов и методики, а также математической модели прогнозирования и оценки ресурсосберегающих качеств инновационных моторных масел (ИММ) с новыми эффективными синтезированными пакетами присадок с целью определения повышения потенциального ресурса двигателей АТС.

Оценка эффективности применения ИММ базировалась на прогнозном определении и сравнении совокупности показателей, характеризующих увеличение ресурса объектов исследования, эксплуатируемых в процессе проведения испытаний на стандартном, рекомендованном заводом-изготовителем, моторном масле (далее масло № 1) и ИММ (далее масло № 2). В качестве объекта исследования, по которому определялись оценочные показатели, выступал двигатель автомобиля семейства ВАЗ, оснащённый газовой системой питания.

Расчёт показателей, характеризующих увеличение ресурса двигателя, базировался на прогнозных показателях изменения износа его элементов, определяющих потребность двигателя в ремонте при использовании двух образцов масел – масло № 1 и масло № 2. Результаты оценки изменения износа элементов двигателя могут быть использованы для определения повышения уровня его надёжности в целом<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Здесь и далее «уровень надёжности двигателя» трактуется как «уровень надёжности системы» по показателю «долговечность» с соответствующими параметрами.

В рассматриваемой модели в качестве структурных параметров элементов двигателя, подлежащих анализу выступают:

- износ цилиндров;
- износ нижних коренных вкладышей;
- изменение среднего зазора в замках первых компрессионных колец.

Для оценки прогноза изменения износа рассматриваемых параметров использовались полученные разработчиком масла № 2 трибологические показатели. В качестве закономерностей износа сопряжений от пробега или времени работы исследуемого элемента могут использоваться линейные экспоненциальные зависимости вида [11]:

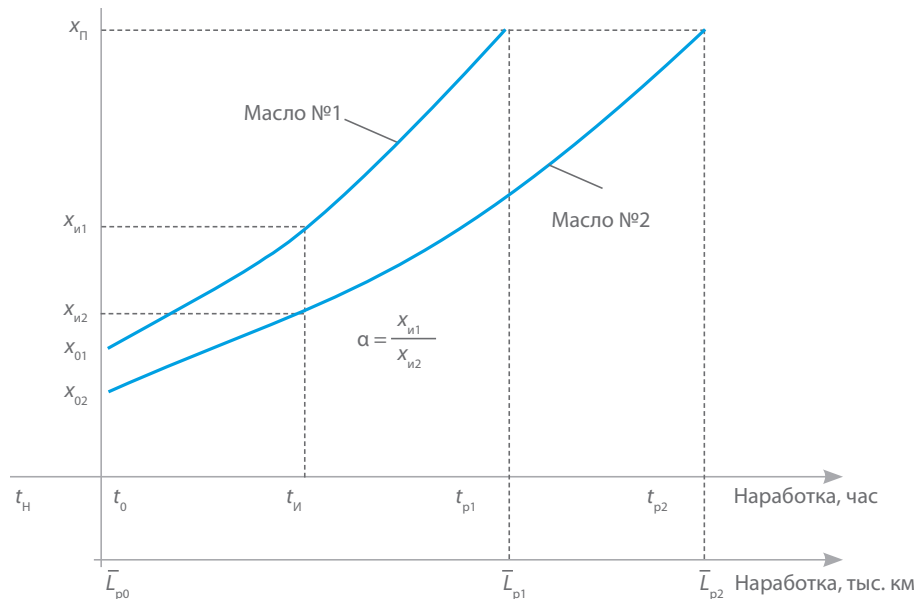
$$x = x_0 \times e^{-at},$$

где  $x$  – текущее значение параметра износа в зависимости от наработки  $t$ ;  $x_0$  – значение износа, приведённое к началу эксплуатации;  $a$  – коэффициент интенсификации изнашивания.

Разрабатываемая математическая модель прогнозной оценки характера изменения износов элементов двигателя (цилиндры, кольца, вкладыши и т.д.) предусматривает возможность использования минимальной информации по наработкам исследуемого объекта (двигатель) и износу его элементов в точках (зонах) начала испытаний или эксплуатации  $t_0, L_0$  и по их завершении  $t_{p1}, \bar{L}_{p1}$ , что в общем виде отражено на рис. 1, при использовании масел № 1 и № 2.

РИС. 1

Прогнозный характер изменения износов элементов двигателя при использовании масел № 1 и № 2



$t_n$  – начало эксплуатации изделия по времени;  $t_0, L_0$  – период приработки изделия по времени и пробегу соответственно, приведённый к началу эксплуатации;  $x_n$  – значение предельного износа;  $x_{01}, x_{02}$  – значения износов, приведённые к началу эксплуатации при использовании соответственно масла № 1 и масла № 2;  $t_i$  – период износных испытаний по времени;  $x_{i1}, x_{i2}$  – значения износов на периоде испытаний  $t_i$  при использовании соответственно масла № 1 и масла № 2;  $t_{p1}, \bar{L}_{p1}$  – значения наработок соответственно по времени и пробегу по достижении предельного износа  $x_n$  при использовании масла № 1;  $t_{p2}, \bar{L}_{p2}$  – значения наработок соответственно по времени и пробегу по достижении предельного износа  $x_n$  при использовании масла № 2.



Расчётные зависимости для определения прогнозной оценки ресурса элементов

$$t_{p2} = \frac{\text{Ln}\left(\frac{x_{п} \times \alpha_{и}}{x_{и1}}\right) + a_2 \times t_{и}}{a_2},$$

где  $\alpha_{и}$  – величина, определяемая в процессе проведения износных испытаний

$$\alpha_{и} = \frac{x_{и1}}{x_{и2}},$$

$a_2$  – коэффициент интенсификации изнашивания при использовании масла № 2

$$a_2 = \frac{\text{Ln}\left(\frac{x_{и2}}{x_{02}}\right)}{t_{и}},$$

где  $x_{02} = \frac{x_{и2} \times (1 - \alpha_{и}) + x_{01} \times e^{a_1 t_{и}}}{e^{a_1 t_{и}}}$ .

В свою очередь  $x_{01} = x_{п} \times e^{a_1 t_{p1}}$ ,

где  $a_1$  – коэффициент интенсивности изнашивания при использовании масла № 1, равный

$$a_1 = \frac{\text{Ln}\left(\frac{x_{п}}{x_{и1}}\right)}{t_{p1} - t_{и}},$$

где

$$t_{p1} = \frac{\bar{L}_{p1}}{\bar{V}}, \quad (1)$$

где  $\bar{V}$  – средняя эксплуатационная скорость движения автомобиля.

$$\bar{L}_{p2} = t_{p2} \times \bar{V}.$$

В выражении (1)  $\bar{L}_{p1}$  определяется по кривым накопления износа элементов двигателя при достижении предельного состояния  $x_{п}$  в процессе проведения ресурсных испытаний [12].

Значение  $\bar{V}$  определяется экспериментальным путём на основе учёта реальных условий эксплуатации транспортных средств.

Соотношение прогнозных оценок ресурсов элементов по фактору времени и пробега соответственно при использовании масел № 1 и № 2:

$$\Delta t_p = \frac{t_{p2}}{t_{p1}}, \quad \Delta L_p = \frac{\bar{L}_{p2}}{\bar{L}_{p1}}.$$

Использование масла № 2 с заявленными высокими трибологическими показателями, а также характер изменения износов в процессе эксплуатации механических систем и их предельных значений позволяют выполнить прогнозную оценку наработки рассматриваемых элементов до достижения ими предельных состояний (табл. 1).

Обозначение показателя (с учётом варианта i)	Размерность	Износ цилиндров (Ц)		Зазор в замке 1-х компрессионных колец (К)		Износ нижних коренных вкладышей (В)	
		Масло № 1	Масло № 2	Масло № 1	Масло № 2	Масло № 1	Масло № 2
		$x_{п}$	мм	0,15		1,15	
$t_{и}$	час	300		300		300	
$a_{и}$	-	4		1,27		2	
$x_{иi} = (x_{и1}, x_{и2})$	мм	0,02	0,05	0,4	0,315	0,022	0,011
$x_{oi} = (x_{oi1}, x_{oi2})$	мм	0,016	0,004	0,354	0,279	0,0176	0,0082
$a_i = (a_{i1}, a_{i2})$	1/час	$7,463 \times 10^{-4}$	$7,355 \times 10^{-4}$	$4,062 \times 10^{-4}$	$4,069 \times 10^{-4}$	$7,383 \times 10^{-4}$	$7,362 \times 10^{-4}$
$t_{pi} = (t_{p1}, t_{p2})$	час	3000	4924	2900	3483	2900	3849
$L_{pi} = (\bar{L}_{p1}, \bar{L}_{p2})$	$10^3$ км	150	246	145	174	145	193
$\Delta \bar{L}_p$	Соотношение, раз		1,64		1,2		1,33
$\Delta \bar{L}_p$	Прирост, %		64		20		33
$V_{pi} = (V_{p1}, V_{p2})$	-	0,285	0,22	0,285	0,26	0,305	0,264

**ТАБЛИЦА 1**

Прогнозная оценка наработки элементов двигателя до достижения предельного состояния

**Примечание.**  $V_{pi}$  – значения коэффициентов вариации наработки элементов до достижения предельного состояния при использовании соответственно масла № 1 и масла № 2;  $V_{p1}$  задаётся на основе имеющихся статистических данных при использовании масла № 1;  $V_{p2}$  определяется расчётным путём из приближенной зависимости вида

$$V_{p2} \approx \sqrt{\frac{\bar{L}_{p2}}{\bar{L}_{p1}}} \times \frac{V_{p1} \times \bar{L}_{p1}}{\bar{L}_{p2}}$$

Анализ результатов, представленных в табл. 1, показывает на возможное значительное улучшение показателей наработок до предельного состояния при использовании масла № 2.

При этом стабильность рассматриваемых параметров существенно улучшается, то есть вариация рассеивания наработок до предельного состояния снижается до 22 % (для «Ц» – износ цилиндров), 9 % (для «К» – зазор в замке 1-го компрессионного кольца) и до 13,4 % (для «В» – износ нижних коренных вкладышей).

Полученные прогнозные показатели оценок увеличения наработки элементов до предельного состояния позволяют выполнить предварительную оценку ресурса системы в целом (по Ц+К+В) с использованием специальных методов математического моделирования и конечного выражения вида

$$\bar{L}_c = \left[ -\frac{\ln R}{\eta^\alpha} \right]^{\frac{1}{\alpha}} \times \beta^{\frac{1}{\alpha}} \times b_{ac} \times \beta^{\frac{1}{\alpha}} \times \bar{L}^{-\left(\frac{\alpha}{\alpha_c}\right)},$$

где  $\bar{L}$  – средневзвешенное значение средней наработки до предельного состояния по заданной совокупности рассматриваемых элементов;  $\alpha$  – средневзвешенное значение параметра формы распределения наработки до предельного состояния для заданной совокупности

рассматриваемых элементов;  $\beta$  – приведённое значение  $\bar{L}$ ;  $b_{ac}$  – коэффициент, выражаемый через гамма-функцию Эйлера, то есть  $\alpha$

$$b_{ac} = \Gamma\left(\frac{1}{\alpha_c} + 1\right),$$

где  $\alpha_c$  – параметр формы распределения наработки до предельного состояния системы в целом;  $R$  – вероятность безотказной работы для выявленных параметров  $\bar{L}$ ,  $\alpha$  и  $\beta$ ;  $\eta$  – коэффициент отношения средневзвешенного значения  $\bar{L}$  к среднему значению ресурса системы в целом.

Процедура определения конечного значения ресурса системы  $\bar{L}_c$  заключается в многошаговом итерационном процессе выявления параметров  $\eta$ ,  $\alpha_c$  и  $b_{ac}$  для первоначально определенных параметров  $\bar{L}$ ,  $\alpha$  и  $R$  и выявления ошибки  $\Delta_i$  приближения  $\bar{L}_{ci}$  к принимаемому значению  $\bar{L}_c$ , величина которой не должна превышать 5%, то есть

$$\Delta_i = \frac{\bar{L}_{ci} - \bar{L}_{ci-1}}{\bar{L}_{ci}} \times 100\% \leq 5\%.$$

Практическая реализация вышеизложенной разработанной модели позволяет определять прогнозные оценочные показатели ресурса системы в целом (двигателя) для исходных вариантов, предусматривающих использование масла № 1 и масла № 2. Пример результатов прогнозной оценки представлен в табл. 2.

Показатель	Обозначение показателя	Размерность	Значение показателя		
			Масло № 1	Масло № 2	
Ресурс	$\bar{L}_c$	$10^3$ км	102	133	
Коэффициент вариации ресурса	$V_c$	-	0,353	0,308	
Соотношение ресурсов	$\Delta \bar{L}_c$	раз	1,3		
Соотношение коэффициентов вариации	$\Delta V_c$	раз	1,15		
Нижние (Н) и верхние (В) границы ресурсов для заданной вероятности $P=0,9$	$\bar{L}_{c(0,9)}^{H,B}$	Н	$10^3$ км	56	81
		В	$10^3$ км	148	185
Прирост $L_c$ по нижней (Н) и верхней (В) границам ресурсов для заданной вероятности $P=0,9$	$\Delta \bar{L}_{c(0,9)}^{H,B}$	Н	44,3%		
		В	25,1%		

**ТАБЛИЦА 2**

Прогнозная оценка ресурса двигателя

Наряду с оценочными показателями ресурса системы  $\bar{L}_c$  и его вариации  $V_c$  определяются нижние  $L_{c(0,9)}^H$  и верхние  $L_{c(0,9)}^B$  значения рассеивания ресурса для заданной вероятности  $P = 0,9$ , представленные в табл. 2.

Анализ результатов (см. табл. 2) показывает на возможность увеличения ресурса двигателя со снижением вариации его рассеивания при использовании масла № 2, что в конечном итоге скажется на повышении уровня стабильности и работоспособности автотранспортного средства. В то же время увеличение ресурса двигателя создаёт условия для снижения удельных материальных и трудовых затрат на ТО и ремонт двигателей, а также повышения экологической безопасности ТС.

## Выводы

1. Незапланированный простой подвижного состава, использующего альтернативные газомоторные топлива (ГМТ), и последующий его ремонт, связанный с отказами и неисправностями двигателей внутреннего сгорания вследствие износов их элементов, обуславливают необходимость применения в процессе эксплуатации современных инновационных моторных масел с целью обеспечения снижения расходов на техническое обслуживание, ремонт и запасные части, что повышает экономические и экологические показатели работы автомобилей.

2. Использование представленной в данной статье математической модели обеспечивает возможность достаточно точного прогнозирования изменения структурных параметров элементов двигателя в зависимости от накопленных пробегов автомобилей в процессе их эксплуатации с применением моторных масел с различными характеристиками, а также выявления потенциального ресурса при наличии минимального объёма информации лишь на начальном и конечном этапах эксплуатации рассматриваемого силового агрегата автомобиля.

3. Практическая реализация изложенных в данной статье подходов и принципов позволяет определять прогнозные оценочные показатели ресурса системы в целом (двигателя) для различных типов моторных масел с последующей оценкой уровня стабильности и работоспособности автотранспортных средств, эксплуатируемых на ГМТ.

4. Использование инновационных моторных масел для двигателей, работающих на ГМТ, создаёт условия для повышения заданного уровня их работоспособности и надёжности с увеличением нормативного ресурса, а также снижения удельных материальных и трудовых затрат на ТО и ремонт двигателей и повышения экологической безопасности автомобилей.

5. Полученные и представленные в данной статье результаты исследований могут использоваться разработчиками моторных масел и двигателей, работающих на ГМТ, специалистами трибологических лабораторий, инженерно-техническим персоналом, обеспечивающим эксплуатацию автомобильного транспорта, а также быть полезны студентам, аспирантам и преподавателям технических вузов автомобильного профиля.

## Использованные источники

1. Зенченко В.А., Васильев В.А., Ермилов Д.С. Организация централизованного ТО и ремонта автобусов // Автотранспортное предприятие. – 2007. – № 9. – С. 35-40.
2. Зенченко В.А., Григорьев М.В. Оценка показателей надёжности электронных систем управления двигателем автомобиля семейства ВАЗ и ГАЗ. Депонированная рукопись № 1242-В2002 04.07.2002.
3. Зенченко В.А., Готов А.Н. Разработка режимов обслуживания газовых систем питания автомобилей при отсутствии информации о надёжности // Грузовик. – 2013. – № 11. – С. 37-41.
4. Зенченко В.А., Готов А.Н. Формирование режимов обслуживания газовых систем питания с электронным управлением в условиях отсутствия информации о надёжности элементов системы // Грузовик. – 2014. – № 9. – С. 15-20.
5. Зенченко В.А., Готов А.Н. Режимы обслуживания газовых систем питания с электронным управлением // АГЗК+АТ. – 2015. – № 7 (100). – С. 15-20.
6. Зенченко В.А., Готов А.Н. Разработка режимов обслуживания газовых систем питания автомобилей // АГЗК+АТ. – 2016. – № 6 (111). – С. 20-24.
7. Зенченко В.А., Григорьев М.В. Режимы обслуживания электронных систем управления двигателем // Автотранспортное предприятие. – 2004. – № 8. – С. 16-21.
8. Зенченко В.А., Фролов Ю.Н., Панов Ю.В., Ширяев А.В. Формирование гибких технологий диагностирования и ремонта системы питания ГБА // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 6 (24). – С. 39-43.
9. Зенченко В.А., Готов А.Н. Моделирование и оценка потенциального ресурса газовых систем питания LOVATO EASY FAST, устанавливаемых на автомобили ГАЗ-3302 «ГАЗель». В сборнике: Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта. Сб. науч. трудов по материалам 75-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ, 2017. – С. 88-92.
10. Лукинский В.С., Зайцев Е.И. Прогнозирование надёжности автомобилей. – СПб.: Политехника, 1999. – 224 с.
11. Авдоськин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей: Учебное пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1985. – 215 с.
12. Звягин А.А., Кислюк Р.Д., Егоров А.Д. Автомобиль ВАЗ: надёжность и обслуживание. – Л.: Машиностроение, 1981. – 238 с.



## ABSTRACTS OF ARTICLES

P. 43

### Overview of the Electric Vehicle Market in Europe to Assess the Prospects for the Development of Electro-charging Infrastructure in the Interests of Russian Companies

Sergey Colin, Filipp Kazantsev

KEYWORDS: electric vehicle, electric transport, market, charging stations, tolling schemes.

#### Reference

1. Grigoriev E.G., Kolubaev B.D., Erokhov V.I. Gas v1. European Energy Transition 2030: The Big Picture, Agora Energiewende, 03.2019.
2. Global EV Outlook 2020.
3. Olkhovsky G.G., Tumanovsky A.G. Heat power technologies in the period up to 2030 // Izvestiya RAN. Energetika. – 2008. – P. 79-94.
4. EV Charging Infrastructure in Europe Market Insights, 2020 (Proventis Partners).
5. J. Serradilla, J. Wardlea, P. Blythea, J. Gibbonc. An evidence-based approach for investment in rapid-charging infrastructure // Energy Policy. –2017. – №106. – P. 514-524.
6. C. Nelder, E. Rogers. Reducing EV charging infrastructure costs. – Rocky Mountain Institute, 2019.
7. Innovation Outlook Smart Charging for electric vehicles, 2019, IRENA. – P. 48.
8. J. Levy, I. Riu, C. Zoi. The Costs of EV Fast Charging Infrastructure and Economic Benefits to Rapid Scale-Up, 2020.
9. J. Markkula, A. Rautiainen, P. Järventausta. The business case of electric vehicle quick charging – no more chicken or egg problem // World Electric Vehicle Journal. – 2013. – Vol. 6. – P. 921-927.
10. E.R. Yescombe. Public Private Partnerships, Principle of Policy and Finance, 2007.

This article provides a brief overview of the status and trends of the electric vehicle market in the world and in Europe. It shows the potential for development in Europe, including the leading countries. The main types of charging stations for electric vehicles have been reviewed and the main cost indicators for the relevant stations are given. In this paper the author suggests considering the development of electro-charging stations in conjunction with the increasing export potential of Russian natural gas (through the use of tolling instruments).

P. 50

### Analysis of indirect measurement of liquid residue composition for isochoric multicomponent vapor-liquid system

Ilya Medvedkov

KEYWORDS: Liquefied natural gas (LNG), cryogenic onboard fuel systems, cryogenic product, vapor-liquid medium, cryogenic vessels.

#### Reference

1. Kunz O., Klimeck R., Wagner W., Jaeschke M. The GERG-2004 wide-range equation of state for natural gases and other mixtures. – Groupe Européen de Recherches Gazières technical monograph 15, 2007. – 535 p. [Electronic resource]. URL: <https://www.gerg.eu/wp-content/uploads/2019/10/TM15.pdf> (date of access: 29.01.2021).
2. ISO 20765-2:2015. Natural gas – Calculation of thermodynamic properties (gas, liquid, and dense fluid) for extended ranges of application.
3. Poling B.E., Prausnitz J.M. The Properties of Gases and Liquids. 5th Edition. –New York: McGraw-Hill, 2001. – 768 p.
4. Brusilovsky A.I. Phase transformations in the development of oil and gas fields. – M.: Graal, 2002. – 575 p.
5. MI 2083-90 GSI. Indirect measurements. Determination of measurement results and estimation of their errors [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007609> (date of access: 09.02.2021).
6. Aspen Physical Property System. Physical Property Methods [Electronic resource] // Guide to using AspenTech's software Version Number: V8.4, 2013. URL: [http://profsite.um.ac.ir/~fanaei/\\_private/Property%20Methods%208\\_4.pdf](http://profsite.um.ac.ir/~fanaei/_private/Property%20Methods%208_4.pdf) (date of access: 15.02.2021).
7. GOST 31371.7-2008 Natural gas. Determination of composition by gas chromatography with uncertainty estimation. Part 7. Technique for measuring the molar fraction of components [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200068105> (date of access: 02/09/2021).
8. Gorbachev S.P., Medvedkov I.S. Changes in the component composition of LNG during its long-term transportation and storage, conditioning methods. Gas Industry. – 2018. – No. 10 (775) – P. 56-66.

When transporting cryogenic products in non-isothermal capacitive equipment, the assumption of equilibrium coexistence of the vapor and liquid phases can be made. When transporting multi-component products, such as liquefied natural gas (LNG), this condition makes it possible to apply a number of simplified methods to assess the component compositions of phases and restore a number of unknown parameters of the vapor-liquid system.

The paper presents a technique for restoring the composition of the liquid phase based on data on the composition of the vapor phase. An estimate of the error of the presented method is given. Methods for increasing the accuracy based on the weighting of calculation results are shown.

From a practical point of view, the work may be interesting for organizations operating and producing cryogenic on-board fuel systems fueled by LNG, as well as for organizations involved in the sale of cryogenic fuel. In particular, to restore the composition of the liquid according to the composition of the vapor phase in the event, that it is necessary to establish the reasons for the failure of the vehicle, weeding out or confirming the assumption of the low quality of the fuel. However, the given calculated dependencies and methods can be easily extended to related areas and similar problems associated with the handling of other multicomponent and multiphase products and agents, for example, in refrigeration engineering.

## ABSTRACTS OF ARTICLES

P. 64

### Optimization of the Compound Fuel Composition for Diesel Engines of Tractors and Agricultural Machines

Buzikov Shamil, Plotnikov Sergey

KEYWORDS: emissions of toxic substances, rapeseed oil, mixed fuel, exhaust gases, test cyclen.

The subject of the study is to determine the optimal composition of the components of composite fuel (CF), consisting of diesel fuel (DF) and rapeseed oil (RO), based on the minimization of specific emissions of toxic substances (ETS) with exhaust gases (EG) contained in the combustion products of diesel engines. The main goal of this work is to optimize the composition of CF by determining the total minimum number of specific high-pressure fuel in diesel engines of tractors and agricultural machines. To determine the specific ETS with the EG of the diesel engine, depending on the composition of the CF, bench tests of the D-245.5S tractor diesel engine, dimension 4ChN 11.0 / 12.5, were carried out. The studies were carried out on DF, CF with addition of 20%, 55% and 80% RO. In the course of the studies carried out, the areas of control of specific ETS were obtained during bench tests of the D-245.5S diesel engine, dimension 4ChN 11.0 / 12.5 and the dependences of specific ETS and mathematical equations that determine the content of specific ETS on the content of RO in CF. The presented dependences of the specific ETS indicate that with an increase in the RO content in CF from 0% to 55% and from 55% to 80%, ETS first decreased: soot from 0.129 to 0.063 g / kWh, nitrogen oxides from 1.13 up to 0.57 g / kWh and hydrocarbons from 0.61 to 0.24 g / kWh, and then increased: soot - from 0.063 to 0.064 g / kWh, nitrogen oxides - from 0.57 to 0.58 g / kWh and hydrocarbons - from 0.24 to 0.25 g / kWh. Specific emissions of carbon oxides, on the contrary, increased from 1.65 to 3.94 g / kWh over the entire range of increasing RO content in CF. As a result of the studies carried out, the optimal content of RO content in CF, equal to 53%, was determined for use in the D-245.5S2 diesel engine, dimension 4ChN 11.0 / 12.5, at which the minimum values of the specific high-pressure fuel with exhaust gas are observed.

### Reference

1. Markov V.A., Devyanin S.N., Neverova V.V., Bykovskaya L.I., Bykov A.E. Optimization of the composition of blended biofuel for a diesel engine // *AutoGas Filling Complex + Alternative fuel*. – 2021. – Vol.20. – No. 1. – P. 25-38.
2. Plotnikov S.A., Buzikov Sh.V., Cheremisinov P.N. Determination of the effect of mixed fuel on the mechanisms of the combustion process for automobile and tractor internal combustion engines // *Transport systems*. – 2019. – No. 2 (12). – P. 4-8.
3. Buzikov Sh.V., Plotnikov S.A., Kozlov I.S. Optimization of rapeseed oil addition in mixed fuel used in tractor diesel engines // *Bulletin of Transport of the Volga region*. – 2020. – No. 5 (83). – P. 72-77.
4. Markov V.A., Zikov S.A., Loboda S.S. Assessment of the integral toxicity of exhaust gases of automotive diesel engines under operating conditions // *AutoGas Filling Complex + Alternative fuel*. – 2017. – Vol. 16. – No. 12. – P. 545-562.
5. Likhanov V.A., Lopatin O.P. Assessment of the integral toxicity of exhaust gases of a diesel engine running on natural gas and alcohol emulsions. *Ecology and Industry of Russia*. – 2019. – No. 23 (9). – P. 60-65. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-9-60-65>
6. GOST R 41.96-2011 (UNECE Regulation N 96) Uniform regulations for compression ignition engines for use in agricultural and forestry tractors and off-road equipment with regard to the emission of harmful substances from these engines (Reissue).
7. GOST ISO 8178-4-2013 Reciprocating internal combustion engines. Measurement of the emission of combustion products. Part 4. Test cycles for engines of various applications at steady-state conditions.
8. Plotnikov S.A., Buzikov Sh.V., Kozlov I.S. Determination of the adjusting parameters of the fuel supply system of a tractor diesel engine when working on fuel compositions with rapeseed oil additives. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named After P.A. Kostychev*. – 2018. – No. 4 (40). – P. 133-138.

## Mathematical model for Assessing the Resource of Mechanical Systems of Vehicles Operated on Innovative Oils

### *An engine running on gas fuel was used as an example*

Mikhail Grigoriev,  
Andrey Zenchenko, Yury Panov

KEYWORDS: : mathematical model, level of engine reliability, resource, operating time of engine elements, predictive assessment.

The article presents a methodological approach and principles for assessing the impact of modern innovative motor oils on the resource of automobile engines during their operation. The given mathematical model serves for predicting the wear of the elements of the cylinder-piston group until they reach the limiting state with the subsequent identification of the potential resource of the car engine as a whole. The results of building the model and the assessment of the parameters under study are reflected in graphical and tabular forms.

## Reference

- Zenchenko V.A., Vasiliev V.A., Ermilov D.S. Organization of centralized maintenance and repair of buses // *Avtotransportnoe predpriyatie*. – 2007. – No. 9. – P. 35-40.
- Zenchenko V.A., Grigoriev M.V. Assessment of reliability indicators of electronic engine control systems of a car of the VAZ and GAZ family. Deposited manuscript No. 1242-B2002 04.07.2002.
- Zenchenko V.A., Glotov A.N. Development of service modes for gas supply systems for cars in the absence of information about reliability. *Gruzovik*. – 2013. – No. 11. – P. 37-41.
- Zenchenko V.A., Glotov A.N. Formation of service modes for gas supply systems with electronic control in the absence of information about the reliability of system elements // *Gruzovik*. – 2014. – No. 9. – P. 15-20.
- Zenchenko V.A., Glotov A.N. Modes of servicing gas power systems with electronic control // *AutoGas Filling Complex + Alternative fuel*. – 2015. – No. 7 (100). – P. 15-20.
- Zenchenko V.A., Glotov A.N. Development of service modes for gas supply systems for cars // *AutoGas Filling Complex + Alternative fuel*. – 2016. – No. 6 (111). – P. 20-24.
- Zenchenko V.A., Grigoriev M.V. Modes of servicing electronic engine control systems // *Avtotransportnoe predpriyatie*. – 2004. – No. 8. – P. 16-21.
- Zenchenko V.A., Frolov Yu.N., Panov Yu.V., Shiryayev A.V. Formation of flexible technologies for diagnostics and repair of the GBA power supply system // *Transport on Alternative Fuel*. – 2011. – No. 6 (24). – P. 39-43.
- Zenchenko V.A., Glotov A.N. Modeling and assessment of the potential resource of LOVATO EASY FAST gas supply systems installed on GAZ-3302 GAZelle vehicles. In the collection: *Problems of technical operation and car service of the rolling stock of road transport. Proceedings of the 75th scientific-methodical and research conference of MADI*, 2017. – P. 88-92.
- Lukinsky V.S., Zaitsev E.I. Forecasting the reliability of vehicles. – SPb.: Polytechnic, 1999. – 224 p.
- Avdonkin F.N. Theoretical foundations of technical operation of cars: Textbook for universities. – M.: Transport, 1985. – 215 p.
- Zvyagin A.A., Kislyuk R.D., Egorov A.D. VAZ car: reliability and service. – L.: Mechanical engineering, 1981. – 238 p.

## АВТОРЫ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛЕ № 3 (81) 2021 г.

**Бузиков Шамиль Викторович,**  
заведующий кафедрой машин и технологии деревообработки,  
Вятский государственный университет, к.т.н.,  
e-mail: shamilvb@mail.ru, тел.: +79058709356

**Григорьев Михаил Владимирович,**  
доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного  
транспорта и автосервис», МАДИ, к.т.н.,  
e-mail: m.grigoriev@madi.ru, тел.: +7 916 612 9565

**Зенченко Андрей Валерьевич,**  
студент факультета «Энергомашиностроение»  
МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
e-mail: USSR19223012@gmail.com, тел.: +7 925 467 4935

**Казанцев Филипп Ростиславович,**  
главный эксперт департамента международного сотрудничества,  
ПАО «Россети», e-mail: Kazantsev-FR@rosseti.ru, тел.: +7 964 533 78 03

**Колин Сергей Александрович,**  
к.т.н., руководитель проблемного совета  
«Альтернативные виды топлива» Международной академия  
наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ),  
e-mail: Pp196@gmail.com

**Медведков Илья Сергеевич,**  
к.т.н., старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,  
e-mail: I\_Medvedkov@vniigaz.gazprom.ru, тел.: +7(498) 657-4382  
Адрес для корреспонденции: 1142717, область Московская,  
район Ленинский, сельское поселение Развилковское,  
поселок Развилка, проезд Проектируемый № 5537, вл.15, стр.1

**Панов Юрий Владимирович,**  
профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного  
транспорта и автосервис» МАДИ, к.т.н., м.т. 8 916-149-60-11,  
e-mail: panovyur@mail.ru

**Плотников Сергей Александрович,**  
профессор кафедры технологии машиностроения,  
Вятский государственный университет, д.т.н. доцент,  
e-mail: plotnikovsa@bk.ru, тел. +7 912-375-41-67

**Пронин Евгений Николаевич,**  
координатор проекта «Голубой коридор»,  
e-mail: e.pronin@mail.ru

**Тавдишвили Александр Евгеньевич,**  
руководитель направления внешних коммуникаций и специальных  
проектов Национальной газомоторной ассоциации,  
тел.: +7 (931) 280-54-05, e-mail: a.tavdidishvili@ngvrus.ru

## CONTRIBUTORS TO JOURNAL ISSUE NO 3 (81) 2021

**Buzikov Shamil,**  
Head of the Department of Machines  
and Woodworking Technology,  
Vyatka State University, Ph.D.,  
e-mail: shamilvb@mail.ru

**Grigoriev Mikhail,**  
candidate of Science, Assistant Professor of Operation  
of Motor Transport and Car Service Department  
of Moscow Automobile and Road Construction  
State Technical University,  
Moscow, Russia, e-mail: m.grigoriev@madi.ru

**Kazantsev Filipp,**  
Chief Expert of the Department  
for International cooperation, PJSC Rosseti,  
e-mail: Kazantsev-FR@rosseti.ru

**Kolin Sergey,**  
Ph.D, Head of Scientific Board  
«Alternative fuels» within IALPS «International Academy  
of Ecology and Life Protection Sciences»,  
e-mail: Pp196@gmail.com

**Medvedkov Ilya,**  
Candidate of Engineering Sciences,  
Senior research fellow,  
Gazprom VNIIGAZ LLC,  
e-mail: I\_Medvedkov@vniigaz.gazprom.ru

**Panov Yuriy,**  
candidate of Science,  
Professor of Operation of Motor Transport  
and Car Service Department of Moscow Automobile  
and Road Construction State Technical University,  
Moscow, Russia, e-mail: panovyur@mail.ru

**Plotnikov Sergey,**  
Professor of the Department  
of Mechanical Engineering Technology,  
Vyatka State University,  
Doctor of Technical Sciences associate professor,  
e-mail: plotnikovsa@bk.ru

**Pronin Eugene,**  
coordinator of the «Blue Corridor» project,  
e-mail: e.pronin@mail.ru

**Tavdidishvili Alexander,**  
Head of External Communications  
and Special Projects,  
National Gas Vehicle Association,  
e-mail: a.tavdidishvili@ngvrus.ru

**Zenchenko Andrey,**  
student of the Faculty of Power Engineering  
of Bauman Moscow State Technical university,  
Moscow, Russia,  
e-mail: USSR19223012@gmail.com